



TUGAS AKHIR – TI 141501

**PERANCANGAN AKTIVITAS PERAWATAN PADA UNIT PRODUKSI
CONTINUOUS TANDEM COLD MILL PT KRAKATAU STEEL TBK
MENGUNAKAN *RELIABILITY-CENTERED MAINTENANCE II***

LEDDY CLAUDIA

NRP. 2513 100 049

Dosen Pembimbing

Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng.

NIP. 197705232000031002

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017

(Halaman ini Sengaja Dikosongkan)



FINAL PROJECT – TI 141501

**MAINTENANCE DESIGN OF CONTINUOUS TANDEM COLD MILL
PRODUCTION UNIT USING RELIABILITY-CENTERED
MAINTENANCE II IN PT KRAKATAU STEEL TBK**

LEDDY CLAUDIA

NRP. 2513 100 049

Supervisor

Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng

NIP. 197705232000031002

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN AKTIVITAS PERAWATAN PADA UNIT PRODUKSI
CONTINUOUS TANDEM COLD MILL PT KRAKATAU STEEL TBK
MENGUNAKAN RELIABILITY-CENTERED MAINTENANCE II**

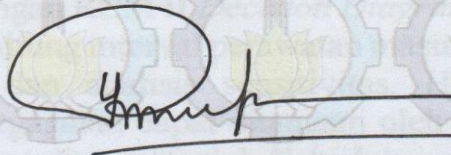
TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Program Studi S-1 Departemen Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Penulis:

LEDDY CLAUDIA
NRP. 2513 100 049

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:
Dosen Pembimbing



Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng.
NIP. 19770523 2000 03 1002



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

PERANCANGAN AKTIVITAS PERAWATAN PADA UNIT PRODUKSI *CONTINUOUS TANDEM COLD MILL* PT KRAKATAU STEEL TBK MENGGUNAKAN *RELIABILITY- CENTERED MAINTENANCE II*

Nama : Leddy Claudia
NRP : 2513 100 049
Departemen : Teknik Industri
Pembimbing : Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng

ABSTRAK

Unit Produksi CTCM merupakan unit produksi yang kritis karena proses utama Pabrik CRM adalah proses reduksi ketebalan. Kondisi Unit Produksi CTCM belum optimal karena unit produksi mengalami *breakdown time* yang tinggi. Dampak dari *breakdown time* adalah waktu produksi Unit Produksi CTCM yang hilang selama 482 jam pada tahun 2015, kekurangan bahan baku (*shortage mill concern*) pada unit produksi ECL 1 dan ECL 2, serta biaya perawatan pabrik yang tinggi. Implikasi dari permasalahan-permasalahan tersebut adalah Unit Produksi CTCM membutuhkan aktivitas perawatan yang efektif untuk mereduksi *breakdown time* dan biaya perawatan. Metode yang digunakan untuk menentukan aktivitas perawatan untuk Unit Produksi CTCM adalah *Reliability Centered Maintenance II* (RCM II). Pemilihan metode RCM II adalah karena dalam menentukan aktivitas perawatan, RCM II mengevaluasi masing-masing mode kegagalan berdasarkan aspek konsekuensi penting seperti *hidden*, *safety*, *environment* dan *operational*. Penanganan dari masing-masing mode kegagalan merupakan hal yang efektif karena variasi fungsi dan variabel penyebab kegagalan Unit Produksi CTCM yang beragam. Langkah-langkah yang dilakukan adalah melakukan analisis FMEA, evaluasi mode kegagalan dengan RCM II *Decision Diagram*, menentukan aktivitas perawatan yang tepat, menghitung interval perawatan masing-masing jenis aktivitas perawatan, analisis biaya dan analisis sensitivitas. Hasil Analisis RCM II didapatkan delapan mode kegagalan dapat ditangani oleh *Schedule on Condition*, sebelas mode kegagalan dapat ditangani oleh *Schedule on Restoration*, tiga mode kegagalan ditangani *Schedule on Discard* dan enam mode kegagalan ditangani oleh *Failure Finding Interval*. Hasil interval perbaikan usulan didapatkan penurunan biaya perbaikan sebesar 0,71%, setara dengan Rp 7.423.598, dan peningkatan keandalan sistem sebesar 41,19%.

Kata Kunci: CTCM, Keandalan, *Reliability Centered Maintenance II*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

MAINTENANCE DESIGN OF CONTINUOUS TANDEM COLD MILL PRODUCTION UNIT USING RELIABILITY- CENTERED MAINTENANCE II IN PT KRAKATAU STEEL TBK

Name : Leddy Claudia
Student ID : 2513 100 049
Department : Industrial Engineering
Supervisor : Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng

ABSTRACT

CTCM Unit Production is one of the production units in CRM plant. It carries important role which is critical for CRM plant with its function in reducing the thickness. The current condition of CTCM Unit Production is still under optimal threshold. CTCM Unit Production undergoes high breakdown time. The effects of breakdown time is the loss production time of CTCM Unit Production as in 2015 it loss 482 hours of production time, shortage mill in ECL Unit Production 1 and 2, also the expensive maintenance cost. The implication of those problems are CTCM Unit Production needing more effective maintenance activity to reduce breakdown time and maintenance cost. The method used in determining the maintenance activities for CTCM Unit Production is Reliability-Centered Maintenance II (RCM II). RCM II evaluates each of failure mode based on important consequence aspects such as hidden, safety, environment, and operation. The assessment is done in each failure mode. It is the most effective way because the function and causal failure variable varieties of CTCM Unit Production is high. The steps that are done include the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), the failure mode evaluation with RCM II Decision Diagram, the maintenance activity determination, calculation of maintenance interval of each maintenance activities, cost analysis, and sensitivity analysis. The result shows that there are eight failure modes that can be assessed using Schedule on Condition, eleven failure modes using Schedule on Restoration, three failure modes using Schedule on Discard and 6 failure modes using Failure Finding Interval. The result of the improvement interval is the decreasing of maintenance cost as much as 0.71%, it equals with Rp 7,423,598, and the increasing of reliability as much as 41.19%.

Keywords: CTCM, Reliability, Reliability Centered Maintenance II

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Laporan Tugas Akhir ini diajukan sebagai syarat untuk menyelesaikan studi Strata-1 Departemen Teknik Industri dengan judul “Perancangan Aktivitas Perawatan Pada Unit Produksi *Continuous Tandem Cold Mill* PT KRAKATAU STEEL Tbk Menggunakan *Reliability-Centered Maintenance II*”. Selama pelaksanaan dan penyusunan Tugas Akhir ini, penulis telah menerima bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak.

1. Tuhan yang telah memberikan berkat dan karunia-Nya pada penulis selama Tugas Akhir dan penyusunan laporan.
2. Papa dan mama yang telah mendoakan, mendukung dan memberi semangat.
3. Kak Reza dan Mbak Tia yang telah bersedia memberikan tempat untuk tinggal, menjadi teman berdiskusi terkait dengan dunia kerja.
4. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T. MSIE., Ph.D, selaku Kepala Departemen Teknik Industri ITS.
5. Bapak Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, nasihat dan pengetahuan baru selama pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir.
6. Bapak Dr. Ir. Mokh. Suef, MSc(Eng), Ibu Putu Dana Karningsih, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D. dan Dewanti Anggrahini, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang memberikan saran dan masukan.
7. Bapak Triono, selaku pembimbing eksternal di lapangan yang telah membimbing, memberikan materi, memberikan pandangan dan selalu terbuka untuk berdiskusi dengan penulis.
8. Bapak Sardjono, selaku *specialist SCI* dan pembimbing eksternal yang telah membimbing dan selalu terbuka untuk berdiskusi dengan penulis.

Penulis menyadari, dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, baik dalam isi maupun sistematika penulisan. Oleh karena itu, penulis menerima segala kritik dan saran yang membangun untuk penyusunan Laporan Tugas Akhir yang lebih baik. Penulis berharap, melalui Laporan Tugas Akhir ini,

penulis dapat memberi manfaat khususnya bagi penulis, pihak perusahaan, pihak jurusan dan bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2017

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian.....	8
1.4 Manfaat Penelitian.....	8
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	8
1.5.1 Batasan	8
1.5.2 Asumsi.....	9
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Definisi Perawatan (Maintenance)	11
2.2 Konsep Reliability-centered Maintenance II (RCM II).....	12
2.2.1 Metode Failure Mode, Effect and Analysis	15
2.2.2 Reliability Centered Maintenance II Decision Worksheet.....	16
2.3 Model Matematis Keandalan.....	20
2.3.1 Fungsi Keandalan (Reliability)	20
2.3.2 Laju Kegagalan (Failure Rate).....	21
2.3.3 Mean Time to Failure (MTTF)	22
2.4 Distribusi Statistik	22
2.5 Interval Waktu Pemeliharaan	25

2.5.1	Interval Perawatan On-Condition Task	25
2.5.2	Interval Aktivitas Pemeliharaan untuk Scheduled Restoration Task 26	
2.5.3	Interval Aktivitas Perawatan untuk Schedule Discard Task	27
2.5.4	Interval Aktivitas Perawatan untuk Failure Finding Interval Task .	28
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		29
3.1	Tahap Perumusan Masalah	30
3.1.1	Merumuskan Masalah.....	31
3.1.2	Melakukan Studi Lapangan	31
3.1.3	Melakukan Studi Literatur	31
3.2	Tahap Penentuan Lingkup Amatan.....	31
3.2.1	Menggambarkan System Breakdown	31
3.2.2	Menggambarkan Fungsi Utama dan Batasan Sistem	31
3.2.3	Menyusun Asset Block Diagram (ABD) dan Functional Block Diagram (FBD).....	32
3.3	Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	32
3.3.1	Mengumpulkan Data	32
3.3.2	Mengolah Data Kualitatif	32
3.3.3	Mengolah Data Kuantitatif	33
3.4	Tahap Analisis dan Interpretasi Data	34
3.5	Tahap Kesimpulan dan Saran	34
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA		35
4.1	Pabrik Cold Rolling Mill (CRM).....	35
4.2	Aktivitas Perawatan yang Diterapkan di Pabrik CRM	36
4.2.1	Strategi Aktivitas Perawatan di Pabrik CRM	37
4.3	Ruang Lingkup Sub Sistem Unit Produksi CTCM.....	38

4.3.1	System breakdown	38
4.3.2	Fungsi Utama	40
4.3.3	Batasan Sistem	40
4.3.4	Functional Block Diagram	41
4.4	Reliability Centered Maintenance II Information Worksheet	46
4.5	Reliability Centered Maintenance II Decision Worksheet	49
4.6	Time To Failure	52
4.6.1	Fitting Distribusi Time To Failure Peralatan Unit Produksi CTCM52	
4.6.2	Perhitungan Mean Time to Failure (MTTF) dan Mean Time to Repair (MTTR)	59
4.7	Jaringan Keandalan	61
4.8	Penentuan Interval dan Aktivitas Perawatan Usulan (Proposed Maintenance Task)	63
4.9	Perhitungan Biaya	73
4.10	Uji Sensitivitas	78
BAB V ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA		83
5.1	Analisis Aliran Proses	83
5.2	Analisis FMEA	84
5.3	Analisis Aktivitas Perawatan Usulan	86
5.3.1	Schedule on Condition	87
5.3.2	Schedule Restoration	88
5.3.3	Schedule on Discard	94
5.3.4	Failure Finding Interval	95
5.4	Analisis Biaya	96
5.5	Analisis Sensitivitas	97
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		99

6.1	Kesimpulan	99
6.2	Saran	100
DAFTAR PUSTAKA.....		101
BIODATA PENULIS		103
LAMPIRAN 1		
LAMPIRAN 2		
LAMPIRAN 3		
LAMPIRAN 4		
LAMPIRAN 5		
LAMPIRAN 6		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Unit Produksi CTCM dan Unit Produksi Lainnya di	2
Gambar 1. 2 Breakdowntime Unit Produksi CRM (Data diolah)	4
Gambar 1. 3 Proporsi Loading Time Unit Produksi CTCM 2015	5
Gambar 1. 4 Maintenance Breakdown CTCM (menit) Tahun 2015	6
Gambar 1. 5 Total Biaya Perawatan Pabrik CRM (USD) Tahun	6
Gambar 2. 1 RCM II Decision Diagram (Moubray, 1992)	17
Gambar 2. 2 Interval P-F (Moubray, 1992)	26
Gambar 2. 3 Kurva Keandalan dengan Preventive Maintenance	27
Gambar 3. 1 Flowchart Pelaksanaan Penelitian	29
Gambar 3. 2 Flowchart Pelaksanaan Penelitian (lanjutan)	30
Gambar 4. 1 Proses Produksi Pabrik CRM (Pabrik CRM, 2017)	36
Gambar 4. 2 System Breakdown Unit Produksi CTCM dalam PT KS	39
Gambar 4. 3 Fungsi Utama Unit Produksi CTCM	40
Gambar 4. 4 Batasan Sistem Unit Produksi CTCM	41
Gambar 4. 5 Asset Block Diagram (ABD) dari Unit Produksi CTCM	43
Gambar 4. 6 Functional Block Diagram dari Unit Produksi CTCM	45
Gambar 4. 7 Hasil Fitting Distribusi Dari Coil Car	56
Gambar 4. 8 Hasil Perhitungan Analisis Distribusi Parametrik Dari Coil Car	56
Gambar 4. 9 Susunan Jaringan Keandalan Sistem Produksi CTCM Seri dan Paralel	62
Gambar 4. 10 Laju Kerusakan $\lambda(t)$ Mandrel	65
Gambar 4. 11 Keandalan $R(t)$ Mandrel	66
Gambar 5. 1 Frekuensi Sebaran Mode Kegagalan	87
Gambar 5. 2 Keandalan Mandrel Setelah Optimasi	89
Gambar 5. 3 Keandalan Floor Plate Setelah Optimasi	89
Gambar 5. 4 Keandalan Spindle-WR 1 Setelah Optimasi	90
Gambar 5. 5 Keandalan Spindle-WR 2 Setelah Optimasi	90
Gambar 5. 6 Keandalan Spindle-WR 3 Setelah Optimasi	90
Gambar 5. 7 Keandalan Spindle-WR 4 Setelah Optimasi	91
Gambar 5. 8 Keandalan Spindle-WR 5 Setelah Optimasi	91

Gambar 5. 9 Keandalan Pinch Roll Setelah Optimasi	92
Gambar 5. 10 Keandalan Tensiometer Setelah Optimasi	93
Gambar 5. 11 Keandalan Rotary Shear Setelah Optimasi	93
Gambar 5. 12 Hubungan FFI Ketersediaan Komponen Servo (Jam)	95
Gambar 5. 13 Uji Sensitivitas Coil Car	97
Gambar 5. 14 Uji Sensitivitas Bridle Roll 1	98

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 RCM II Information Worksheet FMEA.....	16
Tabel 2. 2 RCM II Decision Worksheet.....	18
Tabel 4. 1 RCM II Information Worksheet dari Uncoiler	47
Tabel 4. 2 RCM II Decision Worksheet.....	50
Tabel 4. 3 Sub Sistem dan Komponen Sub Sistem Unit Produksi CTCM	53
Tabel 4. 4 Jenis Mode Kegagalan Komponen Sub Sistem	54
Tabel 4. 5 Pengumpulan Data Kegagalan Fungsi Coil Car	55
Tabel 4. 6 Time to Failure Coil Car (Jam)	55
Tabel 4. 7 Distribusi dan Parameter TTF Komponen Sub Sistem CTCM.....	56
Tabel 4. 8 Distribusi dan Parameter TTR Komponen Sub Sistem CTCM	58
Tabel 4. 9 MTTF Komponen Sub Sistem Unit Produksi CTCM	60
Tabel 4. 10 MTTR Komponen Sub Sistem Unit Produksi CTCM.....	60
Tabel 4. 11 Usulan Interval Perawatan Scheduled On Condition Task.....	63
Tabel 4. 12 Komponen Sub Sistem dengan Perawatan Schedule on Restoration	64
Tabel 4. 13 Data Distribusi Mandrel.....	65
Tabel 4. 14 Simulasi Peningkatan Keandalan Preventive Maintenance Mandrel	66
Tabel 4. 15 Komponen Sub Sistem dengan Perawatan Schedule on Discard Task	67
Tabel 4. 16 Data Distribusi Baut Crop Shear.....	68
Tabel 4. 17 Biaya Perbaikan Komponen (C_F).....	69
Tabel 4. 18 Interval Penggantian Komponen Sub Sistem.....	71
Tabel 4. 19 Data MTTF Komponen Sub Sistem dengan Perawatan FFI.....	71
Tabel 4. 20 Data MTTR Komponen Sub Sistem dengan Perawatan FFI	71
Tabel 4. 21 Interval Failure Finding Komponen Sub Sistem CTCM	72
Tabel 4. 22 FFI untuk Ketersediaan 80%.....	73
Tabel 4. 23 Interval Aktivitas Perawatan Preventif Eksisting	74
Tabel 4. 24 Interval Usulan (TM) Aktivitas Perawatan	74
Tabel 4. 25 Frekuensi Aktivitas Perawatan PM Eksisting	75
Tabel 4. 26 Biaya Perawatan PM Eksisting	77
Tabel 4. 27 Biaya Perawatan Usulan	77

Tabel 4. 28 Production Loss saat Aktivitas Perbaikan	81
Tabel 4. 29 Perhitungan Loss Production saat Perbaikan	79
Tabel 4. 30 Nilai Sensitivitas.....	79
Tabel 5. 1 Perbandingan TM dengan MTTF	94

BAB 1

PENDAHULUAN

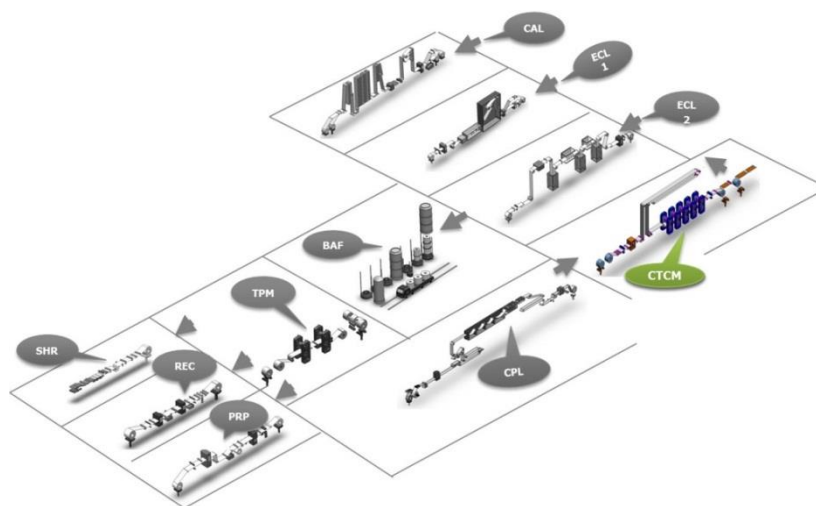
Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan laporan penelitian.

1.1 Latar Belakang

Persaingan ketat industri menuntut setiap perusahaan agar dapat menyesuaikan pasar demi keberlangsungan (*sustainability*) perusahaan. Untuk dapat bertahan dalam persaingan tersebut, perusahaan harus dapat meningkatkan produktivitas produksinya agar produk yang dihasilkan berkualitas tinggi dan kompetitif di pasar. Produk dengan kualitas yang baik didapatkan melalui proses produksi yang berkualitas. Kualitas proses produksi dipengaruhi oleh kualitas performansi dari mesin produksi (*capital equipment*). Sehingga pada sektor industri manufaktur, aktivitas perawatan (*maintenance*) menjadi sesuatu hal yang penting dalam mencapai keberlangsungan perusahaan karena dengan pemeliharaan fasilitas dan peralatan pabrik akan menciptakan keadaan operasional produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang telah direncanakan (Sofyan, 2008).

Perawatan yang dilakukan dengan tepat akan memberikan kontribusi signifikan dalam mencapai objektif dari perusahaan pada kondisi pasar yang kompetitif (Fraser, 2014). Perawatan merupakan layanan aktivitas yang menjamin peningkatan produktivitas suatu aset fisik (*physical asset*), terutama mesin produksi (Faccio, Persona, F.Sgarbossa, & Zannin, 2014). Hal tersebut menjadi dasar akan pentingnya aktivitas perawatan bagi perusahaan yang bergantung kepada *capital equipment*. Tujuan dari aktivitas perawatan adalah untuk meningkatkan keandalan (*reliability*), keselamatan (*safety*), ketersediaan (*availability*) dan kualitas performansi dari suatu peralatan dengan biaya ekonomis (Marquez, 2007). Dengan tercapainya tujuan dari aktivitas perawatan maka kualitas performansi dari mesin produksi akan meningkat. Kualitas performansi mesin produksi yang baik akan menghasilkan produk dengan kualitas yang baik pula.

PT KRAKATAU STEEL (PT KS) adalah salah satu produsen baja di Indonesia. Salah satu jenis produk yang dihasilkan oleh PT KS adalah baja lembaran dingin. Dalam aplikasinya, baja lembaran dingin digunakan untuk pembuatan produk otomotif, peralatan rumah tangga, kaleng, *galvanized sheets* dan sebagainya. Bagian perusahaan yang bertugas untuk memproduksi baja jenis tersebut adalah Pabrik *Cold Rolling Mill* (CRM). Strategi bisnis yang diterapkan oleh PT KS adalah *make to order*, dimana CRM memproduksi baja lembaran dingin sesuai dengan spesifikasi dari pelanggan dengan minimum pemesanan tonase adalah lima ton.



Gambar 1. 1 Unit Produksi CTCM dan Unit Produksi Lainnya di CRM (Divisi CRM, 2017)

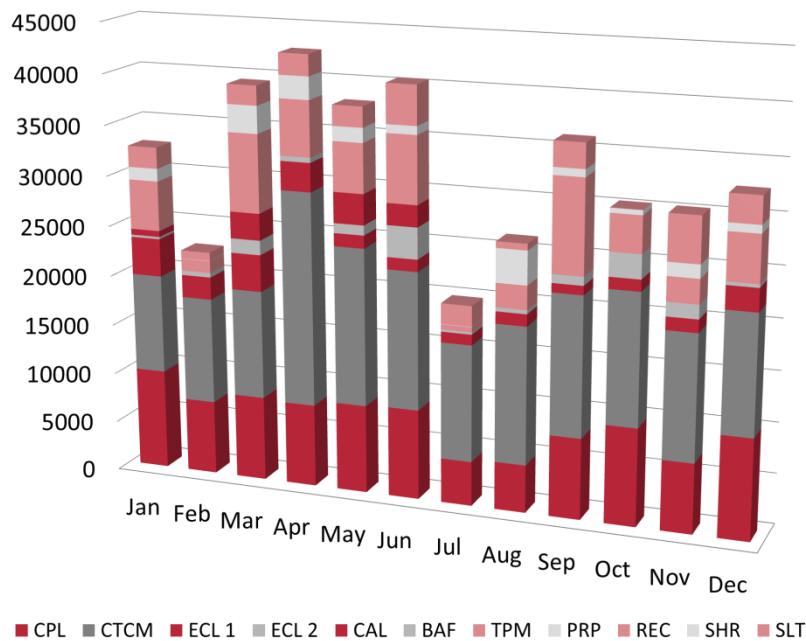
Pada CRM terdapat sebelas unit produksi yang beroperasi secara seri untuk memproduksi baja lembaran dingin. Rangkaian proses produksi tersebut masih dibedakan berdasarkan jenis baja, yaitu proses produksi baja lembaran dingin *full-hard* dan *soft*. Perbedaan rangkaian proses produksi antara *full-hard* dan *soft* adalah pada proses pendinginan (*annealing*). Jenis baja *soft* melalui proses pendinginan untuk mengembalikan sifat mekanik baja. Sebelum proses produksi dipisahkan menurut kepentingan proses pendinginan, baja jenis *full-hard* dan *soft* melewati proses pencucian dan reduksi ketebalan terlebih dahulu. Proses reduksi ketebalan

adalah proses utama pada CRM karena parameter ketebalan merupakan jenis spesifikasi dari konsumen selain jenis baja.

Proses reduksi ketebalan strip baja adalah proses yang terjadi di unit produksi *Continuous Tandem Cold Mill* (CTCM) saat strip baja melalui proses tarik dan tekan dengan perlakuan dingin hingga ketebalan dapat tereduksi hingga 92% dari ketebalan awal (sesuai spesifikasi pemesan). Kapasitas dari mesin CTCM adalah 907,346 ton per tahun, dengan waktu proses produksi di CRM dalam satu hari terdiri dari tiga *shift* dengan lama waktu kerja dalam satu *shift* adalah delapan jam. Sehingga proses reduksi ketebalan *coil* yang berjalan di mesin CTCM berjalan selama 24 jam. Sebagai unit produksi yang penting, unit produksi CTCM memiliki *breakdown time* yang tinggi dibandingkan dengan unit produksi lainnya. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data kerusakan pada tahun 2015, karena pada tahun 2015 target *breakdown time* tidak mendekati target dan data 2015 merupakan data terbaru yang stabil. Pada tahun 2016 terjadi perubahan sistem *monitoring* produksi dari *main frame* menjadi *Manufacture Electronic System* (MES) yang menyebabkan perubahan data produksi, sehingga data-data produksi kurang valid untuk dianalisis. Gambar 1.2 menunjukkan perbandingan *breakdown time* dari kesebelas unit produksi pada setiap bulan, dimana pada grafik tersebut digambarkan kondisi unit produksi CTCM belum optimal karena tingginya *breakdown time*.

Berdasarkan informasi dari perusahaan, tingginya *breakdown time* pada unit produksi CTCM menyebabkan terjadinya *idle* pada unit produksi ECL 1 dan ECL 2. *Idle* pada unit produksi ECL 1 dan ECL 2 dikarenakan tidak ada *supply* bahan baku baja dari unit produksi CTCM (*shortage mill concern*). Akibat dari *idle* tersebut, dengan membandingkan waktu operasi dengan waktu tersedia, didapatkan utilitas unit produksi ECL 1 dan ECL 2 selama tahun 2015 berturut-turut adalah 72.91% dan 30.43%.

Faktor penyebab *breakdown time* terdiri dari *Maintenance Breakdown* dan *Production Breakdown*. Faktor *Maintenance Breakdown* adalah segala bentuk kejadian yang dapat memberhentikan proses produksi akibat dari kegagalan peralatan dari segi mekanik (*mechanical*), elektrik (*electrical*), alat perkakas (*instrument*), program komputer (*process computer*), perawatan umum (*general service*), utilitas (*utility*) dan distribusi daya (*power distribution*).

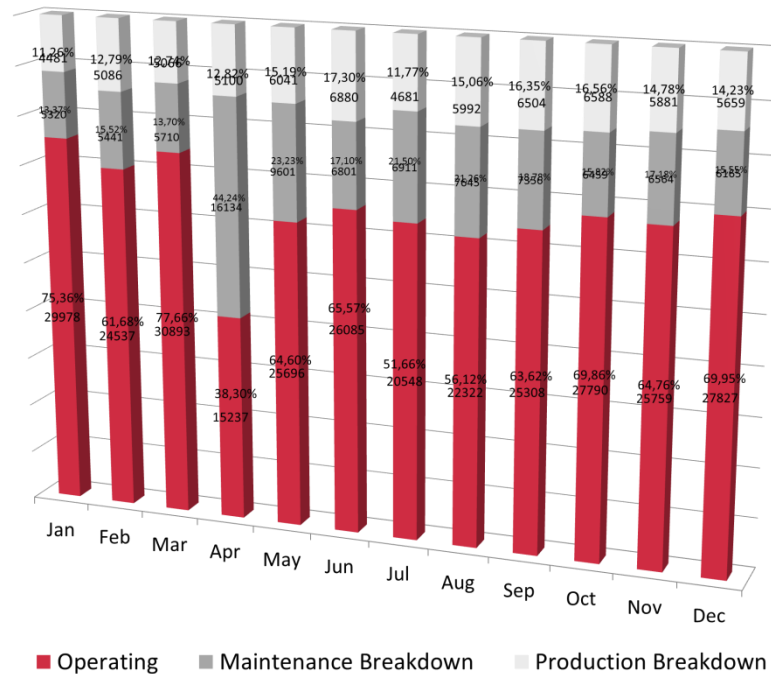


Gambar 1. 2 *Breakdown time* Unit Produksi CRM (Data diolah)

Sedangkan faktor *Production Breakdown* adalah segala bentuk kejadian yang dapat memberhentikan proses produksi akibat dari kerusakan *strip* baja saat diproses. Kerusakan *strip* dapat berupa *strip* kusut, sobek dan lain sebagainya. Kerusakan *strip* pada proses dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan, sehingga proses produksi harus dihentikan (*breakdown*). Memberhentikan proses bertujuan menghindari kerusakan peralatan yang lebih parah. Terjadinya kerusakan *strip* baja disebabkan oleh kualitas dari bahan *strip* baja. Oleh karena penelitian ini difokuskan pada *breakdown* yang disebabkan oleh faktor *Maintenance Breakdown*.

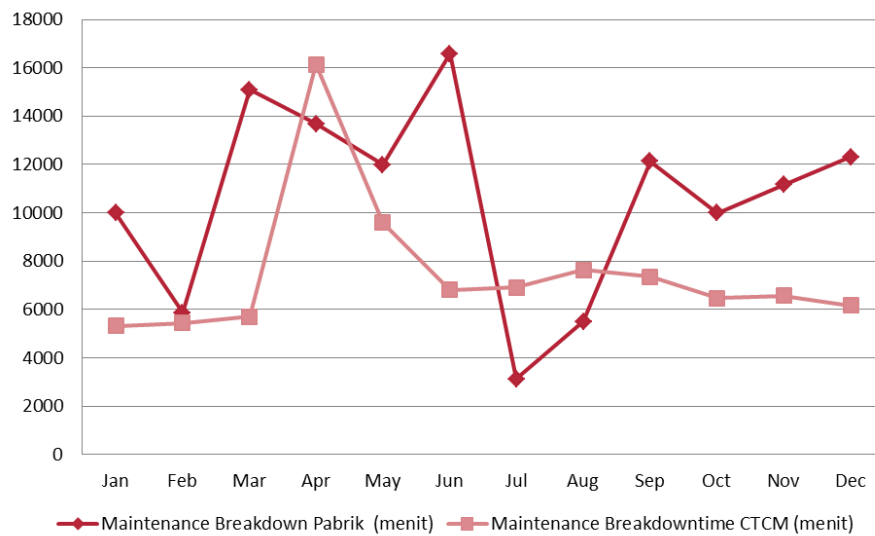
Pihak perusahaan mengakui bahwa kejadian *breakdown maintenance* tidak dapat dihindari, sehingga setiap tahunnya perusahaan menetapkan target *Maintenance Breakdown*. Harapan dari perusahaan adalah target *Maintenance Breakdown* paling tidak sama atau mendekati target yang sudah ditetapkan yaitu 10%. Berdasarkan Gambar 1.3, terlihat bahwa waktu produksi (*loading time*) tidak berjalan sesuai dengan perencanaan karena hilangnya waktu produksi akibat terjadinya *Maintenance Breakdown* dan *Production Breakdown*, khususnya *Maintenance Breakdown* pada tahun 2015 sebesar 19.58%, yang berarti masih belum mendekati target yang sudah ditetapkan. Kerugian yang diakibatkan dari

8.94% *Maintenance Breakdown* adalah hilangnya 482 jam waktu produksi yang setara dengan *delay cost* sebesar 9,2 miliar rupiah.

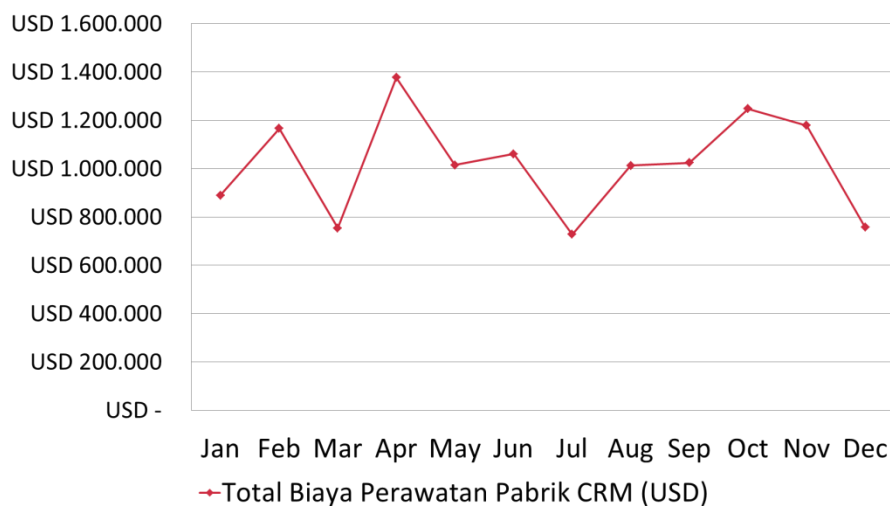


Gambar 1. 3 Proporsi *Loading Time* Unit Produksi CTCM 2015
(Data diolah)

Perusahaan telah memahami kepentingan dari aktivitas perawatan bagi fasilitas-fasilitas produksinya, sehingga perusahaan telah memiliki strategi aktivitas perawatan. Strategi aktivitas perawatan yang diterapkan adalah strategi *overhaul*, *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*. Aktivitas *overhaul* dilakukan selama satu tahun sekali, *preventive maintenance* dilakukan sebanyak dua kali dalam satu bulan dan strategi *corrective* dilakukan saat terjadi *unplanned breakdown*. Gambar 1.4 merupakan indikasi dari penerapan strategi perawatan pada unit produksi CTCM yang dilakukan oleh perusahaan yang belum optimal karena *breakdown time* unit produksi CTCM yang masih tinggi. *Breakdown time* CTCM memberikan kontribusi yang tinggi terhadap *maintenance breakdown* pabrik dan akhirnya berdampak pada tingginya total biaya perawatan pada Gambar 1.5.



Gambar 1. 4 *Maintenance Breakdown CTCM (menit) Tahun 2015*
(Data diolah)



Gambar 1. 5 *Total Biaya Perawatan Pabrik CRM (USD) Tahun 2015* (Data diolah)

Berdasarkan informasi data tersebut, dapat disimpulkan bahwa tingginya *breakdown maintenance* unit produksi CTCM memberikan kontribusi signifikan terhadap biaya perawatan pabrik. Biaya dari aktivitas *maintenance* adalah sekitar 15%-70% dari total biaya produksi (Bevilacqua & Braglia, 2000). Aktivitas perawatan yang tidak efektif dan efisien dapat menimbulkan biaya perbaikan peralatan, biaya kehilangan produksi, biaya kehilangan material dalam proses,

biaya tenaga kerja dan penurunan kualitas produk akibat keandalan dari mesin yang menurun.

Dari permasalahan-permasalahan tersebut, dilakukan suatu penelitian yang bertujuan menyamakan, atau paling tidak mendekatkan, target *breakdown maintenance* dengan target *breakdown maintenance* perusahaan. Dengan mereduksi *breakdown maintenance*, kualitas performansi dan output dari unit produksi akan meningkat sehingga memberikan dampak dalam meningkatkan utilitas unit-unit produksi berikutnya. Selain itu, dari segi biaya perawatan akan memberikan dampak berupa penghematan karena aktivitas perawatan yang optimal dilakukan berdasarkan interval pemeliharaan.

Unit produksi CTCM terdiri dari peralatan-peralatan yang memiliki beragam fungsi. Karena fungsi dari setiap peralatan yang beragam, maka variabel penyebab kegagalan juga beragam pula. Penyebab kegagalan yang mungkin terjadi pada peralatan dapat bersifat *age-related* maupun *wear-out characteristic*. Oleh karena itu, untuk meningkatkan kualitas performansi unit produksi CTCM diperlukan strategi aktivitas perawatan proaktif yang lebih tepat sasaran sesuai dengan penyebab kegagalan dan evaluasi dampak penyebab kegagalan jika penyebab kegagalan tersebut terjadi.

Perancangan aktivitas perawatan unit produksi CTCM menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance II* (RCM II). Perancangan aktivitas perawatan dengan RCM II akan menghasilkan *maintenance task* yang tepat berdasarkan analisis fungsi, kegagalan fungsi beserta penyebab kegagalan serta dampak dari penyebab kegagalan. Hasil dari perancangan aktivitas perawatan dengan RCM II akan dilanjutkan dengan perhitungan optimasi interval optimal untuk setiap jenis kebijakan perawatan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah bagaimana merancang *maintenance task* yang tepat beserta interval untuk melakukan *maintenance task* pada unit produksi CTCM.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi fungsi (*function*), kegagalan fungsi (*function failure*), penyebab kegagalan (*failure mode*) dan dampak kegagalan (*failure effect*) dari peralatan-peralatan CTCM.
2. Menentukan aktivitas perawatan yang tepat pada peralatan di unit produksi CTCM.
3. Menentukan interval waktu aktivitas perawatan yang tepat pada unit produksi CTCM.
4. Mengevaluasi dan menganalisis biaya rekomendasi tugas perawatan perbaikan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan diperoleh dari pelaksanaan penelitian tugas akhir adalah sebagai berikut.

1. Mereduksi *production-time loss* pada unit produksi CTCM.
2. Meningkatkan utilitas unit produksi ECL 1 dan ECL 2.
3. Memberikan rekomendasi aktivitas perawatan yang lebih efektif.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian tugas akhir terdiri dari dua, yaitu batasan dan asumsi yang digunakan dalam melakukan penelitian tugas akhir. Berikut merupakan batasan dan asumsi penelitian tugas akhir.

1.5.1 Batasan

Berikut ini adalah batasan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir.

1. Mesin yang diteliti adalah unit produksi CTCM di Pabrik CRM, PT KS.
2. Penelitian ini berfokus pada *breakdown time* akibat faktor *Maintenance Breakdown*.
3. Data historis yang digunakan sebagai dasar dalam perhitungan dan analisis keandalan dan penentuan interval aktivitas perawatan adalah data pada tahun 2015.

4. Analisis sistem *hydraulic* dianalisis terpisah.

1.5.2 Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam penelitian tugas akhir adalah sebagai berikut.

1. Sistem *hydraulic* bersifat independen.
2. Proses produksi berjalan dalam keadaan normal selama penelitian berlangsung.
3. Tidak terdapat kebijakan baru yang menyebabkan perubahan pada lingkungan kerja.
4. Aktivitas perbaikan dilakukan tepat saat terjadi kegagalan pada peralatan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan mengenai tinjauan pustaka yang digunakan sebagai pedoman dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir. Adapun teori-teori yang akan digunakan untuk mendukung penelitian tugas akhir ini adalah teori-teori yang bersifat umum sampai dengan teori-teori yang bersifat spesifik. Teori-teori yang bersifat umum terdiri dari pengertian perawatan, konsep keandalan dan konsep laju kerusakan beserta dengan distribusi waktu kerusakan. Teori-teori yang bersifat spesifik terdiri dari teori *Reliability Centered Maintenance II* (RCM II), konsep *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) dan rumus penentuan interval kebijakan *maintenance task*.

2.1 Definisi Perawatan (*Maintenance*)

Aktivitas perawatan dapat didefinisikan sebagai seluruh aktivitas yang diperlukan untuk menjaga agar sistem dan seluruh komponennya dapat bekerja sesuai dengan fungsinya (Stephens, 2004). Aktivitas perawatan merupakan aktivitas yang dilakukan untuk mengembalikan dan/atau memperbaiki sistem atau komponen yang rusak pada suatu kondisi tertentu pada periode tertentu (Ebeling, 1997). Implikasi dari kedua definisi perawatan tersebut bahwa selain untuk menjaga agar sistem dan seluruh komponennya sesuai dengan fungsi kerjanya pada kondisi dan periode tertentu, aktivitas perawatan juga bertujuan untuk mengembalikan fungsi sistem atau komponen yang rusak agar kembali sesuai dengan fungsi yang dikehendaki (*intended function*).

Semua produk dan sistem memiliki fungsi yang dikehendaki. Segala bentuk penyimpangan atau perubahan pada fungsi yang tidak dapat diterima disebut sebagai kegagalan (*failure*) (Stephens, 2004). Program perawatan yang diadakan oleh organisasi bertujuan untuk mengeliminasi atau mereduksi frekuensi dari terjadinya kegagalan dan biaya yang timbul dari kondisi tersebut. Untuk mengembalikan sistem atau komponen dari kondisi kegagalan ke kondisi fungsi kerja yang dikehendaki, langkah rektifikasi (*rectify*) dapat dilakukan dengan melakukan perbaikan (*repair*) atau penggantian (*replace*), kemudian dilakukan

pemeliharaan (*restore*) dan penjagaan pada kondisi fungsi yang dikehendaki (*keeping in existing state*).

Saat ini perawatan menjadi salah satu fungsi utama dari suatu sistem. Peranan aktivitas perawatan mesin dan peralatan serta fasilitas lainnya menjadi sangat penting dalam menunjang beroperasinya suatu industri, sehingga aktivitas perawatan merupakan bagian integral dari suatu industri untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi (Sudrajat, 2011). Secara spesifik, aktivitas perawatan berfungsi untuk menjaga peralatan tidak mengalami kegagalan pada saat proses produksi sedang berjalan. Berikut ini adalah tujuan utama dan tujuan tambahan dari aktivitas perawatan (Stephens, 2004).

1. Tujuan Utama

- Menjaga/mempertahankan peralatan yang ada.
- Inspeksi, pembersihan dan pemberian pelumas pada peralatan.
- Modifikasi, perubahan dan instalasi pada peralatan.
- Menjaga/mempertahankan bangunan dan tanah yang ada.

2. Tujuan Tambahan

- Perlindungan dan penjagaan tumbuhan hidup.
- Mengontrol polusi dan kebisingan.
- Pemenuhan peraturan ADA, EPA, OSHA

2.2 Konsep *Reliability-centered Maintenance II* (RCM II)

Reliability-centered Maintenance (RCM) adalah proses sistematis yang digunakan untuk menentukan hal yang harus dilakukan untuk menyakinkan bahwa setiap fasilitas fisik dari perusahaan dapat sesuai dengan fungsi desain secara terus menerus dalam kurun operasi waktu tertentu (Yssaad, Khiat, & Chaker, 2013). RCM pertama kali diterapkan untuk industri pesawat militer di USA pada tahun 1975. Seiring dengan dampak-dampak yang ditimbulkan maka pada tahun 1990, dikembangkan RCM II dengan menambahkan faktor keselamatan (*safety*) dan lingkungan (*environment*) pada *decision diagram* (Moubray, 1997). RCM adalah salah satu metode, yang digunakan untuk meningkatkan keandalan dari aset fisik dengan berfokus pada desain (Jardine & Tsang, 2013). Dalam implementasi RCM, dibutuhkan pemahaman akan fungsi dari aset fisik dan sifat dari kegagalan yang

berhubungan dengan fungsi tersebut. Telah diketahui bahwa tidak semua kegagalan adalah sama dan beberapa kegagalan dapat dicegah dengan *overhaul* atau *preventive replacement*. Oleh karena itu, aktivitas perawatan yang tidak *cost-effective* dalam perawatan fungsi sistem tidak akan dilakukan. Berikut ini adalah keuntungan dari penerapan RCM (Jardine & Tsang, 2013).

1. Meningkatkan pemahaman akan aset fisik.
2. Mengklarifikasi peran dari operator dan personil perawatan dalam membuat aset fisik lebih *reliable* dan mereduksi biaya operasi.
3. Membuat peralatan menjadi lebih aman, ramah lingkungan, produktif, *maintainable* dan ekonomis untuk dioperasikan.

Dalam aplikasi RCM, dirumuskan sebuah metodologi. Metodologi RCM membangun strategi perawatan yang tepat sebagai tindakan dari setiap kegagalan.

Langkah-langkah penerapan metode RCM II berdasarkan pada tujuh pertanyaan utama terkait dengan sistem. Adapun tujuh pertanyaan utama RCM adalah sebagai berikut (Moubray, 1992).

1. Bagaimanakah fungsi dan standar performansi peralatan dalam konteks operasi?
2. Apakah yang dapat menyebabkan gagal untuk memenuhi fungsinya?
3. Apakah akibat dari setiap kegagalan yang terjadi?
4. Apakah yang terjadi apabila setiap kegagalan terjadi?
5. Apakah saat yang menyebabkan kegagalan menjadi sangat penting?
6. Apakah yang dapat dilakukan untuk mencegah kegagalan?
7. Apakah yang harus dilakukan apabila *preventive task* tidak ada yang sesuai?

Tujuh pertanyaan dasar tersebut berkaitan dengan fungsi dan standar performansi (*function and performance standards*), kegagalan fungsi (*functional failures*), penyebab kegagalan (*failure modes*), dampak kegagalan (*failure effects*) dan konsekuensi kegagalan (*failure consequences*). Berikut ini adalah penjelasan dari hal-hal tersebut.

1. Fungsi dan standar performansi (*Function and Performance Standards*)

Langkah utama dalam proses RCM adalah mendefinisikan fungsi dari peralatan dalam konteks operasional beserta dengan standar performansi

yang dikehendaki oleh *user*. Performansi dari peralatan yang diharapkan oleh *user* dibedakan menjadi dua kategori yaitu fungsi primer (*primary function*) dan fungsi sekunder (*secondary function*). Fungsi primer mencakup mengapa peralatan tersebut digunakan, seperti kecepatan, *output*, kapasitas penyimpanan, kualitas produk dan *customer service*. Sedangkan fungsi sekunder mencakup hal lain lebih dari sekadar memenuhi fungsi primer, seperti keselamatan, kendali, pengurangan, kenyamanan, struktur integritas, ekonomi, perlindungan, efisiensi dari operasional, pemenuhan regulasi lingkungan.

2. Kegagalan Fungsi (*Functional Failures*)

Kegagalan fungsi adalah ketidakmampuan suatu aset fisik dalam menjalankan fungsi untuk memenuhi suatu standar performansi yang dapat diterima oleh *user*. Terdapat dua jenis kegagalan fungsi yaitu kegagalan total dan kegagalan parsial. Kegagalan total adalah kondisi kegagalan yang terjadi ketika aset fisik sama sekali tidak dapat memenuhi fungsi suatu standar performansi. Sedangkan kegagalan parsial adalah kondisi kegagalan yang terjadi ketika aset fisik dapat berfungsi namun tidak sesuai dengan standar performansi yang diterima oleh *user*.

3. Penyebab Kegagalan (*Failure Modes*)

Modus kegagalan atau penyebab kegagalan adalah sebuah kejadian yang mengakibatkan kegagalan fungsi pada aset fisik. Dengan adanya aktivitas perawatan yang dilakukan pada aset fisik, modus kegagalan dapat direduksi atau bahkan sampai dapat dihilangkan sehingga kegagalan fungsi tidak akan terjadi. Penyebab kegagalan tradisional adalah kegagalan yang disebabkan oleh kemerosotan (*deterioration/normal wear-tear*), kesalahan manusia (*human error*) dan kecacatan desain (*design flaw*).

4. Dampak Kegagalan (*Failure Effects*)

Dampak kegagalan adalah tahap yang mendeskripsikan kejadian yang akan terjadi jika penyebab kegagalan terjadi. Deskripsi tersebut harus memuat informasi yang mendukung proses evaluasi konsekuensi kegagalan (*failure consequences*). Adapun informasi penunjang tersebut antara lain meliputi apa bukti (jika ada) terjadinya kegagalan; bagaimana kegagalan tersebut

kegagalan (*failure consequences*). Adapun informasi penunjang tersebut antara lain meliputi apa bukti (jika ada) terjadinya kegagalan; bagaimana kegagalan tersebut dapat mengancam (jika ada) keselamatan dan lingkungan; bagaimana kegagalan tersebut mempengaruhi (jika ada) produksi/operasional; apa kerusakan fisik (jika ada) yang disebabkan oleh kegagalan; dan apa yang harus dilakukan untuk memperbaiki kegagalan.

5. Konsekuensi Kegagalan (*Failure Consequences*)

Konsekuensi kegagalan menjadi fokus dari RCM yang diperhatikan daripada karakteristik kegagalan. Konsekuensi kegagalan diklasifikasikan menjadi empat grup yaitu *hidden failure consequences*, *safety and environment consequences*, *operational consequences* dan *non-operational consequences*. Evaluasi kategori *consequences* akan digunakan sebagai dasar untuk *maintenance decision making*.

2.2.1 Metode Failure Mode, Effect and Analysis

Failure Mode, Effect and Analysis (FMEA) adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi bentuk *failure* yang mungkin menyebabkan setiap *functional failure* dan untuk memastikan *failure effects* berhubungan dengan setiap *failure mode* (Moubray, 1992).

FMEA adalah pendekatan terstruktur untuk mengidentifikasi jalan terjadinya produk atau proses dapat gagal, dan mengestimasi risiko yang dapat terjadi. Berikut ini contoh *information worksheet* untuk mengembangkan analisis dengan metode FMEA.

Tabel 2. 1 RCM II *Information Worksheet* FMEA

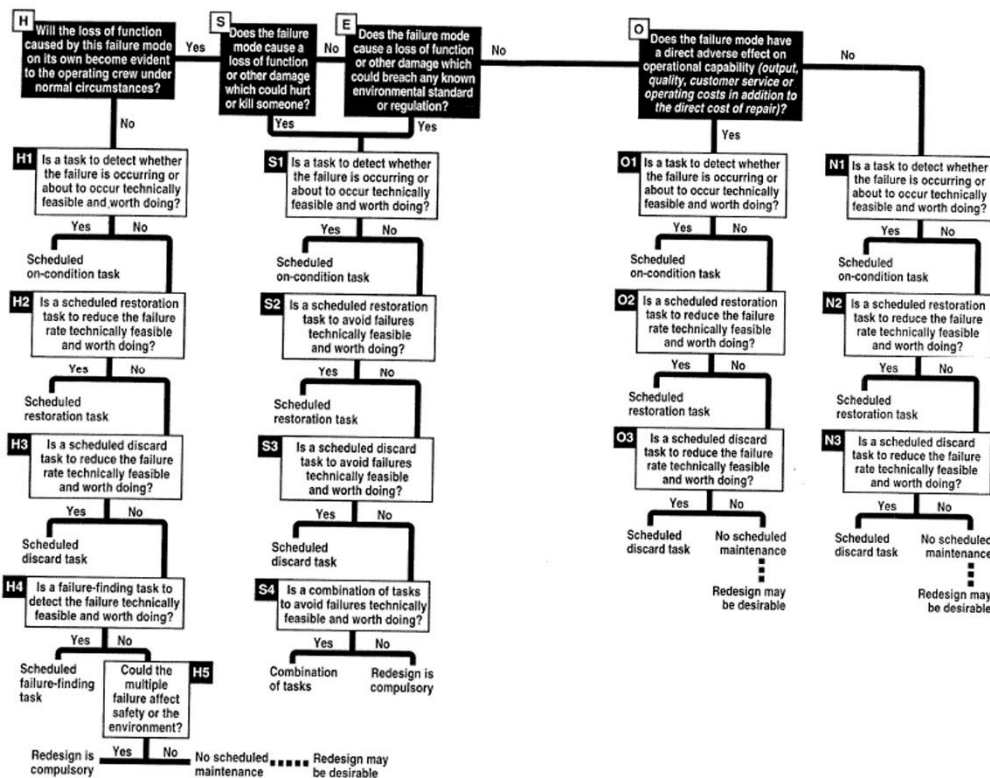
RCM II INFORMATION WORKSHEET	SISTEM				
				SUBSISTEM	
FUNCTION	FUNCTION FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT

Sumber: Moubray, 1992

RCM *Information Worksheet* FMEA berisi informasi dari nama sistem, nama subsistem, fungsi (*function*), kegagalan fungsi (*functional failure*), penyebab kegagalan (*failure mode*) dan dampak kegagalan (*failure effect*). Pada kolom *Function* dijabarkan fungsi dari subsistem yang dianalisis. Kemudian dilanjutkan dengan mendeskripsikan kegagalan fungsi pada kolom *Function Failure* dari setiap fungsi yang sudah dijabarkan pada kolom *Function*. Kolom *Failure Mode* berisikan informasi dari penyebab kegagalan dari setiap *function failure*. Penulisan informasi pada kolom *Failure Mode* harus jelas dan tidak bermakna ambigu karena perekapan *Failure Mode* menjadi input informasi untuk menentukan opsi manajemen kegagalan. Kolom *Failure Effect* berisi informasi deskripsi dari kejadian yang akan terjadi jika *failure modes* terjadi.

2.2.2 Reliability Centered Maintenance II Decision Worksheet

RCM *decision worksheet* adalah sebuah lembar kerja yang digunakan dalam melakukan *record* jawaban dari pertanyaan yang muncul pada *decision diagram*. Berikut ini adalah RCM II *Decision Diagram* yang digunakan untuk mengevaluasi konsekuensi.



Gambar 2. 1 RCM II Decision Diagram (Moubray, 1992)

Informasi yang akan didapatkan dari RCM II *decision worksheet* nantinya akan digunakan sebagai acuan teknis pelaksanaan aktivitas perawatan yang tepat. Berikut ini adalah contoh RCM II *decision worksheet*.

Tabel 2. 2 RCM II *Decision Worksheet*

RCM II Decision Worksheet			Sistem :												
			Sub Sistem :												
Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Initial interval	Can be done by
							S1	S2	S3						
							O1	O2	O3	H4	H5	S4			
			F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3			

Sumber: Moubray, 1992

RCM II *Decision Worksheet* memuat informasi dari *Information reference*, *Consequence Evaluation*, *Failure Management Techniques*, *Default Action*, *Proposed Task* dan penanggung jawab. Berikut ini adalah penjelasan dari kolom-kolom dari RCM II *Decision Worksheet*.

1. *Information Reference*

Kolom ini berisi informasi yang didapatkan dari hasil analisis FMEA yaitu berupa kode yang dimiliki *Function (F)*, *Function Failure (FF)* dan *Failure Modes (FM)*.

2. *Consequence Evaluation*

- *Hidden Failure (H)*

Suatu *failure mode* digolongkan dalam *hidden failure consequences* apabila *failure mode* yang terjadi tidak dapat diketahui operator dalam kondisi normal.

- *Safety (S)*

Suatu *failure mode* digolongkan dalam *safety consequences* apabila *failure mode* yang terjadi dapat melukai, membahayakan, atau bahkan membunuh manusia.

- *Environment (E)*

Suatu *failure mode* digolongkan dalam *environment consequences* apabila *failure mode* yang terjadi berdampak lingkungan.

- *Operational (O)*

Suatu *failure mode* digolongkan dalam *operational consequences* apabila *failure* mempengaruhi produksi (output, kualitas produk, *customer service* dan biaya operasional dalam hal biaya *repair* langsung).

3. *Proactive Task*

Proactive task adalah pekerjaan yang dilakukan untuk mencegah kegagalan pada peralatan sebelum terjadinya kegagalan. *Proactive Task* dibagi menjadi tiga kategori adalah sebagai berikut.

- *Scheduled on-condition task (H1/S1/O1/N1)*

Scheduled on Condition task mencakup kegiatan pengecekan sehingga konsekuensi kegagalan yang terjadi dapat hilang atau berkurang. Kegiatan ini mencakup semua bentuk *condition monitoring*, *condition based maintenance* dan *predictive maintenance*.

- *Scheduled Restoration task (H2/S2/O2/N2)*

Scheduled Restoration task mencakup kegiatan rekondisi komponen untuk mengembalikan kemampuan asal atau melakukan *overhaul* pada saat atau sebelum batas umur yang telah ditetapkan tanpa memandang kondisi komponen pada saat perbaikan. Kegiatan ini mencakup *interval based maintenance* dan *preventive maintenance*.

- *Scheduled discard task (H3/S3/O3/N3)*

Scheduled discard task mencakup kegiatan untuk mengganti komponen dengan komponen baru pada saat atau sebelum batas umur yang telah ditetapkan atau sesuai interval waktu tertentu tanpa memandang kondisi komponen saat penggantian.

4. *Default Action*

Default action adalah kegiatan yang dilakukan pada saat peralatan sudah mengalami kegagalan dan dipilih ketika tidak ditemukan *proactive task*

yang efektif. *Default action* dibagi menjadi tiga kategori adalah sebagai berikut.

- *Schedule Failure Finding Task* (H4)
Merupakan kegiatan memeriksa fungsi tersembunyi untuk mengetahui apakah komponen tersebut sudah mengalami kegagalan.
- *Redesign* (H5)
mencakup perubahan atau modifikasi kemampuan suatu sistem termasuk perubahan peralatan dan prosedur kerja.
- *Combination Task* (S4)
Pengisian kolom *proactive task* dan *default action* dibantu dengan RCM *Logic Tree Analysis*

5. *Proposed Task*

Proposed task berisi informasi tindakan perencanaan yang direncanakan untuk menerjemahkan hasil *proactive task* ataupun *default task*.

6. *Initial Interval*

Initial Interval berisi informasi catatan interval aktivitas *maintenance* yang optimal dari setiap task yang diberikan untuk *Scheduled Restoration/discard task*.

7. *Can be done by*

Can be done by berisi informasi pihak-pihak yang berwenang untuk melaksanakan aktivitas *maintenance*.

2.3 Model Matematis Keandalan

Keandalan berkaitan erat dengan variabel waktu (Ebeling, 1997). Waktu kerusakan bersifat random sehingga fenomena kerusakan digambarkan dalam bentuk peluang kerusakan yang mengikuti distribusi tertentu. Berikut ini adalah model matematis dari fungsi keandalan, laju kerusakan dan MTTF.

2.3.1 Fungsi Keandalan (*Reliability*)

Keandalan (*reliability*) adalah kemampuan dari sistem untuk melakukan performansi sesuai dengan fungsi yang dikehendaki selama periode waktu hidup yang diharapkan (Stephens, 2004). Artinya sebuah mesin, komponen atau produk

harus mampu untuk memberikan performansi sesuai dengan fungsi yang dikehendaki pada level kapasitas yang diharapkan selama periode waktu hidup yang diharapkan. Menurut Ebeling, keandalan merupakan peluang sebuah komponen atau sistem akan dapat beroperasi sesuai dengan fungsi yang dikehendaki untuk satu periode waktu tertentu ketika digunakan dibawah kondisi operasional yang telah ditetapkan (Ebeling, 1997). Keandalan berkaitan dengan pengurangan frekuensi terjadinya kegagalan terhadap interval tertentu.

Keuntungan dari periode tanpa kegagalan adalah peningkatan kapasitas produksi, penghematan biaya sumber daya dan waktu untuk aktivitas perawatan. Dalam peningkatan keandalan suatu peralatan, perusahaan memerlukan biaya, namun dengan harapan bahwa akan terjadi pengurangan *downtime* serta biaya perawatan, sehingga biaya investasi awal akan tertutup dari peningkatan pemasukan karena peningkatan keandalan. Terdapat tiga faktor yang menentukan keandalan dari suatu peralatan yaitu fungsi peralatan, keandalan tertentu (batasan peralatan) dan masa pakai peralatan tersebut (Utomo. & Agustini, 2012).

Berikut ini adalah rumusan matematis dari keandalan (Anityasari, Suef, Kurniati, & Prasetyawan, 2011).

$$R = P(x = 1) \quad (2.1)$$

dengan:

R = keandalan

P = peluang

Karena x adalah fungsi waktu, maka R juga merupakan fungsi waktu, sehingga didapatkan,

$$R(t) = P(x(t) = 1) \quad (2.2)$$

Dimana R(t) adalah keandalan peralatan pada saat t yang seringkali disebut dengan fungsi keandalan. Dalam konsep keandalan, dikenal *Cumulative Distribution Failure (cdf)* yang artinya peluang suatu peralatan mengalami kerusakan sebelum jangka waktu t.

2.3.2 Laju Kegagalan (*Failure Rate*)

Laju kegagalan (*failure rate*) (λ) adalah banyaknya kegagalan/kerusakan yang terjadi per satuan waktu. *Failure rate* dapat dinyatakan sebagai perbandingan

antara banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu tertentu dengan total waktu operasi komponen, perangkat, atau sistem.

2.3.3 Mean Time to Failure (MTTF)

Keandalan dari suatu sistem seringkali diberikan dalam bentuk angka yang menyatakan ekspektasi masa pakai sistem tersebut, yang dinotasikan $E[T]$ dan sering disebut sebagai rata-rata waktu kerusakan atau *Mean Time To Failure* (MTTF). MTTF hanya digunakan pada komponen atau peralatan yang sering mengalami kerusakan yang harus diganti dengan komponen atau peralatan yang masih baru (Anityasari, Suef, Kurniati, & Prasetyawan, 2011).

2.4 Distribusi Statistik

Dalam analisis keandalan, untuk menghitung keandalan suatu sistem peralatan, langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan model probabilitas peralatan yang biasa dinyatakan dalam distribusi statistik. Distribusi statistik yang kerap kali digunakan dalam analisis keandalan adalah Distribusi Eksponensial dan Distribusi *Weibull*. Sedangkan Distribusi Normal dan Lognormal digunakan merepresentasikan waktu perbaikan.

2.4.1.1 Distribusi Eksponensial

Distribusi Eksponensial merupakan distribusi yang sering digunakan pada kemampuan-perbaikan, perawatan dan keandalan. Ada dua alasan mengapa distribusi ini digunakan secara luas, karena distribusi ini mudah untuk diterapkan pada berbagai jenis analisis dan distribusi ini merupakan distribusi untuk *Constant Failure Rate* (CFR) dari berbagai peralatan *engineering* selama masa gunanya. *Probability density function* dari Distribusi Eksponensial dapat dirumuskan seperti persamaan berikut.

$$f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda(t-t_0)} \quad (2.9)$$

Jika distribusi kegagalan suatu peralatan menggunakan Distribusi Eksponensial, maka berikut ini adalah persamaan yang dapat digunakan.

1. Laju Kerusakan

$$h(t) = \lambda \quad (2.10)$$

2. Fungsi Keandalan

$$R(t) = e^{-\lambda(\gamma-t_0)} \quad (2.11)$$

3. *Mean Time to Failure* (MTTF)

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t)dt \quad (2.12)$$

$$MTTF = \gamma + \frac{1}{\lambda} \quad (2.13)$$

2.4.1.2 *Distribusi Weibull*

Distribusi Weibull adalah distribusi yang dapat digunakan untuk merepresentasikan berbagai macam fenomena fisik yang berbeda. Distribusi Weibull merupakan distribusi yang sering digunakan dalam perhitungan keandalan karena kemampuannya untuk dapat memodelkan berbagai perilaku kegagalan. *Probability density function* dari Distribusi Weibull dapat dirumuskan seperti persamaan berikut.

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left[\frac{t-\gamma}{\eta} \right]^{\beta-1} \exp \left[-\left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta} \right] \quad (2.14)$$

dengan:

t	= waktu
β	= parameter bentuk (<i>shape parameter</i>)
η	= parameter skala (<i>scale parameter</i>)
γ	= parameter lokasi (<i>location parameter</i>)

Jika parameter *location* bernilai 0, maka distribusi tersebut ekuivalen dengan Distribusi Weibull 2 Parameter. Apabila distribusi kegagalan suatu peralatan menggunakan Distribusi Weibull, maka berikut ini adalah persamaan yang dapat digunakan.

1. Laju Kegagalan

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (2.15)$$

2. Fungsi Keandalan

$$R(t) = \exp - \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta} \quad (2.16)$$

3. *Mean Time To Failure* (MTTF)

$$MTTF = \gamma + \eta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (2.17)$$

2.4.1.3 Distribusi Normal

Distribusi Normal banyak digunakan dalam permodelan probabilitas ini dikenal dengan nama lain distribusi Gaussian. Distribusi Normal memiliki dua parameter yaitu *mean* (μ) (rata-rata) dan *standard deviation* (σ) (simpangan baku). *Probability density function* dari Distribusi Normal dapat dirumuskan seperti persamaan berikut.

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (2.18)$$

dengan:

- t = waktu
- μ = rata-rata data
- σ = simpangan baku

Apabila distribusi kegagalan suatu peralatan menggunakan Distribusi Normal, maka berikut ini adalah persamaan yang dapat digunakan.

1. Laju Kegagalan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.19)$$

2. Fungsi Keandalan

$$R(t) = 1 - \Phi \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right) \quad (2.20)$$

3. *Mean Time to Failure* (MTTF)

$$\text{MTTF} = \mu \quad (2.21)$$

2.4.1.4 Distribusi Lognormal

Distribusi Lognormal adalah distribusi yang cukup berguna untuk merepresentasikan distribusi dari waktu perbaikan kegagalan peralatan. *Probability density function* dari Distribusi Lognormal dapat dirumuskan seperti persamaan berikut.

$$f(t) = \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(t)-\mu}{\sigma} \right)^2 \right\} \quad (2.22)$$

dengan:

- t = waktu
- μ = rata-rata data
- σ = simpangan baku

Apabila distribusi kegagalan suatu peralatan menggunakan Distribusi Lognormal, maka berikut ini adalah persamaan yang dapat digunakan.

1. Laju Kegagalan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.23)$$

2. Fungsi Keandalan

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{\ln(t) - \mu}{\sigma}\right) \quad (2.24)$$

3. *Mean Time To Failure* (MTTF)

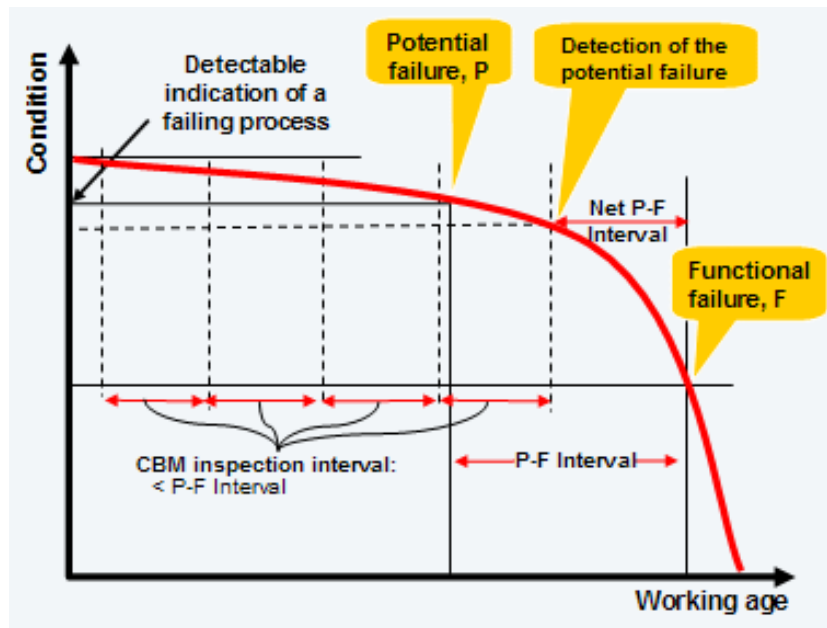
$$MBTF = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right) \quad (2.25)$$

2.5 Interval Waktu Pemeliharaan

Interval waktu aktivitas *maintenance* didapatkan dengan menerapkan rumus-rumus sebagai berikut berdasarkan jenis *maintenance task*.

2.5.1 Interval Perawatan On-Condition Task

Penentuan interval aktivitas perawatan *on-condition task* adalah setengah dari interval P-F. Interval P-F adalah interval antara terjadinya potensi kegagalan (*potential failure*) dan kondisi kegagalan fungsi peralatan yang terjadi (Moubray, 1992). Berikut ini adalah grafik interval P-F.



Gambar 2. 2 Interval P-F (Moubray, 1992)

Berdasarkan Gambar 2.4, grafik interval P-F antara kondisi peralatan (*condition*) dan usia pemakaian (*working age*). Titik P adalah titik potensi kegagalan yang dapat dideteksi dan titik F adalah titik kegagalan fungsi.

2.5.2 Interval Aktivitas Pemeliharaan untuk Scheduled Restoration Task

Aktivitas pemeliharaan *Scheduled Restoration task* adalah kebijakan perawatan yang sesuai untuk mengantisipasi penyebab kegagalan dengan cara rekondisi komponen untuk mengembalikan kemampuan asal. Strategi pada aktivitas pemeliharaan *Scheduled Restoration task* adalah *interval based maintenance* dan *preventive maintenance*.

Preventive maintenance adalah aktivitas perawatan berkala dengan melakukan pemeriksaan, deteksi dan koreksi yang sistematis terhadap kegagalan yang belum maupun akan terjadi agar peralatan tetap dalam kondisi yang baik saat dioperasikan (NASA, 1997). Dengan *preventive maintenance*, keandalan sistem atau komponen dapat ditingkatkan. Rumusan dari keandalan adalah sebagai berikut.

$$R_m(t) = R(T)^n R(t - nT) \quad (2.29)$$

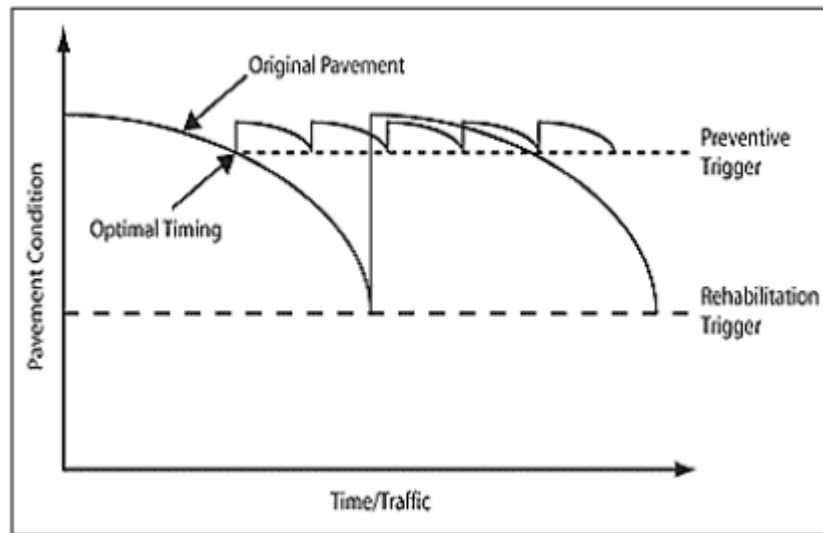
dimana:

$R(T)^n$ = probabilitas ketahanan sampai dengan *preventive*

maintenance ke-n

$R(t-nT)$ = probabilitas ketahanan selama jangka waktu $t-nT$ yang telah ditentukan sebelumnya pada kondisi awal.

Aktivitas perawatan *preventive maintenance* tidak memberikan dampak pada peralatan yang memiliki model *Constant Failure Rate (CFR)* atau laju kegagalan konstan. Namun, aktivitas perawatan *preventive maintenance* memberikan dampak pada peralatan yang memiliki model *time dependent failure/age-related failure* seperti berikut.



Gambar 2. 3 Kurva Keandalan dengan *Preventive Maintenance* (Priyatna, 2000)

2.5.3 Interval Aktivitas Perawatan untuk *Schedule Discard Task*

Aktivitas pemeliharaan *scheduled discard task* adalah kebijakan yang sesuai untuk menantisipasi penyebab kegagalan dengan cara mengganti komponen. Pada jurnalnya, Harvard menyatakan bahwa total biaya aktivitas perawatan adalah jumlah kumulatif biaya kegagalan dan biaya perawatan (Harvard, 2000). Berikut ini adalah persamaannya.

$$TC = C_F \cdot f_F + C_M \cdot f_M \quad (2.30)$$

$$= C_F \left[\frac{1}{TM} \int_0^{TM} \lambda(t) dt \right] + C_M \left[\frac{1}{TM} \right] \quad (2.31)$$

$$= \frac{1}{TM} \left[C_F \int_0^{TM} \lambda(t) dt + CM \right] \quad (2.32)$$

Jika data berdistribusi Weibull, maka biaya total per jam adalah sebagai berikut.

$$TC = \frac{C_F}{\eta^\beta} TM^{\beta-1} + \frac{CM}{TM} \quad (2.33)$$

Untuk memperoleh Tc minimum, maka $\frac{dTc}{dTm} = 0$ sehingga diperoleh rumus sebagai berikut.

$$TM = \eta \left[\frac{C_M}{C_F(\beta-1)} \right]^{\frac{1}{\beta}} \quad (2.34)$$

Keterangan:

C_F	= biaya perbaikan atau penggantian karena komponen rusak untuk setiap siklus perawatan (Rp)
C_M	= biaya yang dikeluarkan untuk perawatan (Rp)
TM	= interval waktu perawatan optimal (jam)
f_F	= frekuensi kegagalan
f_M	= frekuensi perawatan
TC	= biaya total yang dibebankan pada tiap jam pengoperasian mesin

2.5.4 Interval Aktivitas Perawatan untuk Failure Finding Interval Task

Aktivitas *Failure Finding* merupakan aktivitas *default action* yang merupakan aktivitas perawatan yang akan dilakukan jika aktivitas *proactive maintenance* tidak dapat dilakukan untuk mereduksi *multiple failure* yang memiliki hubungan dengan *hidden function* sampai batas bawah yang dapat ditoleransi. Aktivitas *failure finding* dilakukan untuk menentukan apakah sistem telah mengalami kegagalan. Berikut ini adalah rumus perhitungan interval untuk *failure finding* (Moubray, 1992).

$$FFI = 2 \times U_{tve} \times M_{tve} \quad (2.35)$$

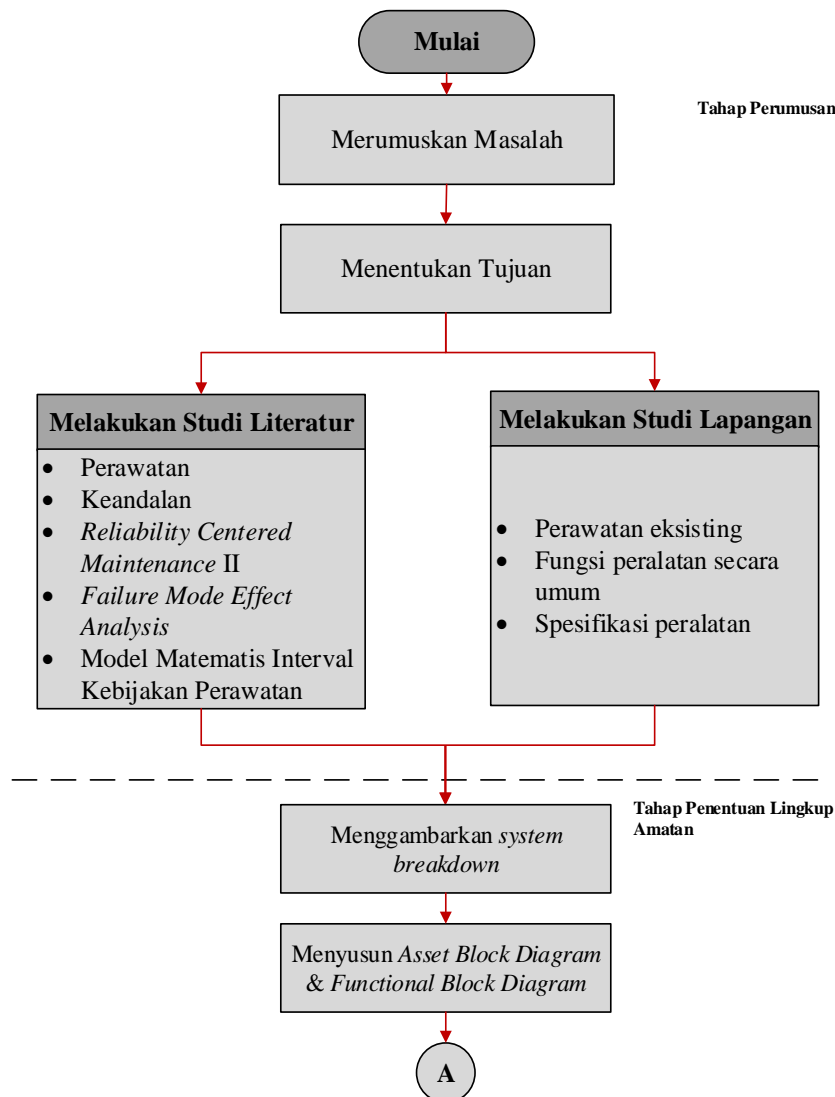
dimana:

FFI	= <i>Failure Finding Interval</i>
U_{tve}	= <i>Unavailability</i> yang dikehendaki dari <i>protective device</i>
M_{tve}	= MTBF dari <i>protective device</i>

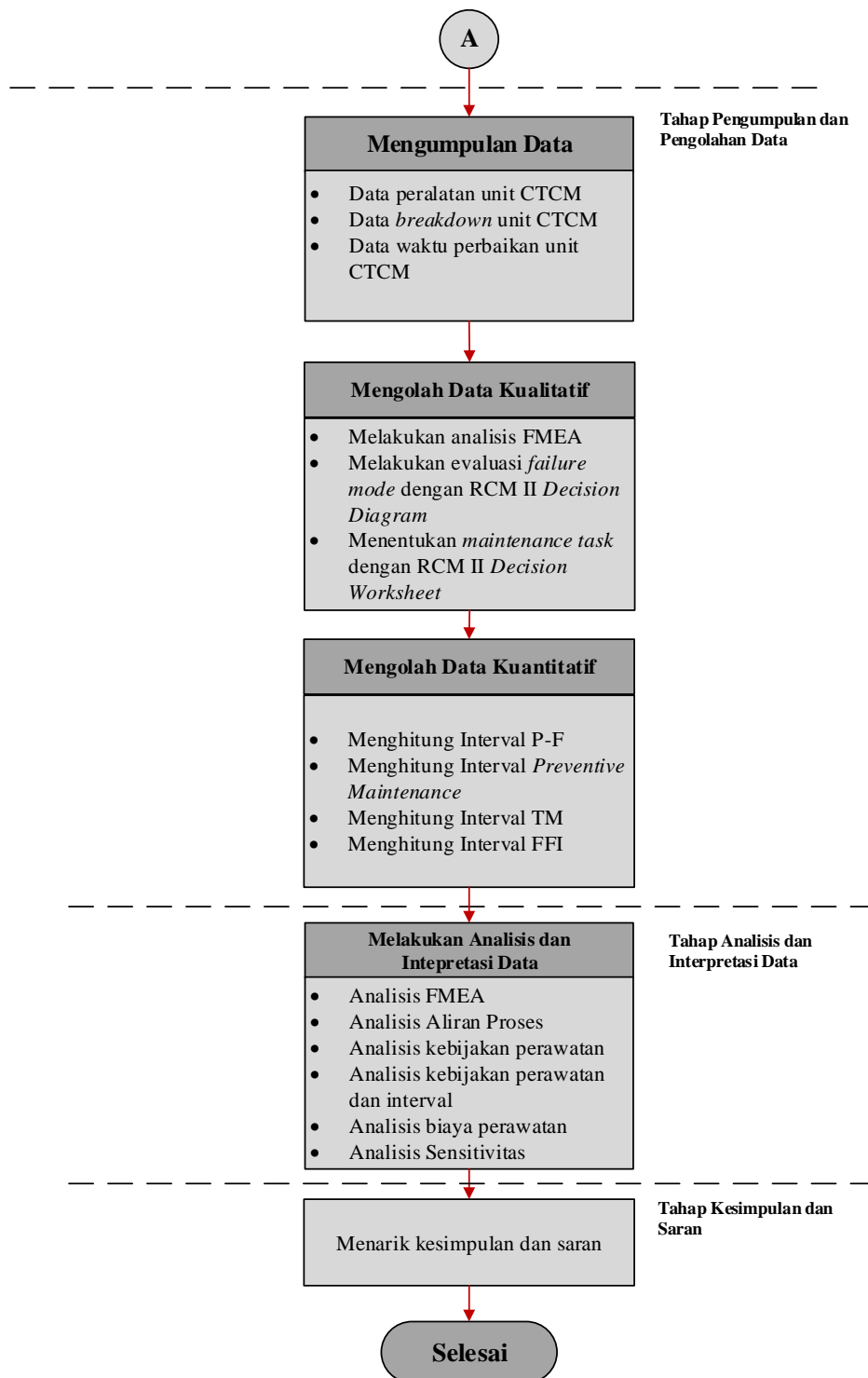
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan menjelaskan mengenai metodologi penelitian berupa alur pelaksanaan penelitian dan penjelasan dari alur pelaksanaan penelitian. Berikut merupakan alur pelaksanaan penelitian tugas akhir yang menjadi dasar dalam pelaksanaan penelitian.



Gambar 3. 1 *Flowchart* Pelaksanaan Penelitian



Gambar 3. 2 *Flowchart* Pelaksanaan Penelitian (lanjutan)

3.1 Tahap Perumusan Masalah

Tahap Perumusan Masalah terdiri dari empat langkah yang dijelaskan dalam sub sub-bab sebagai berikut.

3.1.1 Merumuskan Masalah

Masalah yang diangkat dari pengerjaan tugas akhir ini adalah tingginya *breakdown time* mesin CTCM sebagai mesin *rolling* utama jika dibandingkan dengan mesin *rolling* lainnya di CRM. Adapun perumusan masalah yang dirumuskan dari identifikasi masalah tersebut adalah bagaimana bagaimana merancang *maintenance task* yang efektif dengan metode RCM II.

3.1.2 Melakukan Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan dengan cara melakukan kunjungan langsung ke PT KS dalam rangka mendapatkan informasi dan data baik kualitatif dan kuantitatif. Informasi kualitatif dilakukan dengan cara wawancara dengan pihak mekanik pabrik (mekanik, elektrik dan *pc*), staf Divisi *Maintenance Planning and Control* (MPC) dan staf *Supply Chain Improvement* (SCI).

3.1.3 Melakukan Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan cara mencari dan mempelajari bahan pustaka yang berkaitan dan menunjang pengerjaan tugas akhir ini. Adapun bahan pustaka yang digunakan bersumber dari buku-buku dan publikasi-publikasi ilmiah.

3.2 Tahap Penentuan Lingkup Amatan

Tahap Penentuan Lingkup Amatan terdiri dari dua langkah yang dijelaskan dalam sub sub-bab sebagai berikut.

3.2.1 Menggambarkan System Breakdown

Penyusunan *system breakdown* yang bertujuan untuk mengetahui sub-sub sistem, yaitu pabrik-pabrik, yang ada di PT KS beserta letak dan aset-aset produksi apa saja yang terdapat di dalam perusahaan, terutama aset-aset produksi yang ada pada pabrik yang menjadi amatan yaitu Pabrik CRM.

3.2.2 Menggambarkan Fungsi Utama dan Batasan Sistem

Menggambarkan fungsi utama dari unit produksi CTCM dan menggambarkan batasan sistem untuk membatasi lingkup objek yang diteliti dan untuk mengetahui sub-sub sistem penyusun dari unit produksi CTCM.

3.2.3 *Menyusun Asset Block Diagram (ABD) dan Functional Block Diagram (FBD)*

Penyusunan ABD bertujuan untuk menggambarkan hubungan antara peralatan-peralatan penyusun unit produksi. Hasil penggambaran ABD akan disempurnakan oleh FBD dengan penggambaran hubungan dan aliran kerja antar fungsi sub sistem yang membentuk sistem. Penyusunan ABD dan FBD berdasarkan dari diagram pipa dan instrumen (P&ID) mesin CTCM dan diskusi dengan pihak perusahaan.

3.3 **Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data**

Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data terdiri dari tiga langkah yang dijelaskan dalam sub sub-bab sebagai berikut.

3.3.1 *Mengumpulkan Data*

Data-data dan informasi yang dikumpulkan merupakan data yang berasal dari PT KS baik yang bersifat kualitatif dan kuantitatif. Adapun data-data yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

Informasi sistem dan proses mesin CTCM

1. Data peralatan unit produksi CTCM
2. Data *breakdown* unit produksi CTCM
3. Data waktu perbaikan unit produksi CTCM

3.3.2 *Mengolah Data Kualitatif*

Pada langkah ini akan diidentifikasi fungsi primer dan sekunder beserta parameter-parameter (jika ada) dari peralatan-peralatan unit produksi CTCM. Langkah identifikasi ini dilakukan dengan cara melakukan diskusi dengan bagian perusahaan, terutama staf Divisi MPC. Setelah mendapatkan fungsi dari masing-masing peralatan, dilanjutkan dengan identifikasi kegagalan fungsi yang mungkin terjadi. Adapun bentuk kegagalan fungsi dapat berupa kegagalan fungsi yang pernah terjadi maupun prediksi kegagalan fungsi yang akan terjadi.

3.3.2.1 *Melakukan Analisis FMEA*

Mengidentifikasi penyebab dan dampak kegagalan fungsi merupakan langkah lanjutan dari langkah identifikasi fungsi dan kegagalan fungsi. Adapun

penyebab dari kegagalan fungsi dapat berasal dari penyebab-penyebab yang pernah terjadi sebelumnya ataupun yang mungkin terjadi dimasa mendatang. Kemudian, setiap penyebab kegagalan fungsi dianalisis untuk mengetahui dampak-dampak apa yang mungkin terjadi jika kegagalan fungsi tersebut terjadi. Langkah mengidentifikasi fungsi sampai dengan dampak kegagalan fungsi disebut dengan *Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)*

3.3.2.2 *Melakukan evaluasi mode kegagalan dengan RCM II Decision Diagram*

Langkah selanjutnya adalah melakukan evaluasi terhadap mode-mode kegagalan dengan *RCM II Decision Diagram*. Aspek-aspek yang dievaluasi dari mode-mode kegagalan tersebut adalah konsekuensi kegagalan tersembunyi (*hidden failure consequences*), konsekuensi keselamatan (*safety consequences*), konsekuensi lingkungan (*environment consequences*) dan konsekuensi operasional (*operational consequences*). Hasil evaluasi mode kegagalan akan dicatat dalam *RCM II Decision Worksheet*.

3.3.2.3 *Menentukan maintenance task dengan RCM II Decision Worksheet*

Hasil evaluasi mode-mode kegagalan dari langkah sebelumnya digunakan untuk menentukan *maintenance task* yang tepat bagi setiap mode kegagalan. Pengolahan data FMEA pada *RCM II Decision Worksheet* sesuai langkah-langkah diagram RCM II yang memperhitungkan konsekuensi dari setiap penyebab kegagalan. *Maintenance task* untuk mengatasi mode kegagalan terbagi menjadi *proactive task* dan *default action*. *Proactive task* terdiri dari *Scheduled on Condition task*, *Scheduled Restoration Task* dan *Scheduled Discard Task*. Sedangkan *Default Action* terdiri dari *Schedule Failure Finding Task*, *Redesign* dan *Combination Task*. Dari hasil aktivitas perawatan tersebut akan dilakukan diskusi dengan pihak perusahaan terutama dengan Departemen MPC untuk menghasilkan bentuk aktivitas perawatan.

3.3.3 *Mengolah Data Kuantitatif*

Setelah terbentuk *maintenance task*, langkah selanjutnya adalah menghitung interval untuk eksekusi perawatan. Pembentukan interval aktivitas perawatan tergantung dari jenis kebijakan. Untuk kebijakan *schedule on condition*

menggunakan perhitungan P-F interval, untuk kebijakan *schedule restoration task* menggunakan perhitungan keandalan *prevetive maintenance* dan untuk kebijakan *schedule discard task* menggunakan perhitungan TM optimal dan kebijakan *failure finding task* menggunakan perhitungan FFI. Penentuan interval kebijakan *schedule on condition* didapatkan mempertimbangkan hasil perhitungan MTTF dan pihak MPC perusahaan. Penentuan interval kebijakan *schedule restoration* didapatkan dengan melakukan perhitungan PM dan mempertimbangkan batas keandalan. Penentuan interval kebijakan *schedule on condition* didapatkan dengan melakukan perhitungan yang memperhitungkan biaya komponen, biaya korektif dan biaya preventif. Dan penentuan interval FFI didapatkan dengan mempehitungkan ketersediaan (*availability*) dari Unit Produksi CTCM yaitu 87%. Data yang digunakan untuk perhitungan seluruh jenis kebijakan adalah data waktu antar kerusakan, data waktu perbaikan dan parameter-parameter dari distribusi waktu antar kerusakan dan distribusi waktu perbaikan.

3.4 Tahap Analisis dan Interpretasi Data

Pada tahap ini, dilakukan analisis terhadap hasil FMEA, kebijakan perawatan, kebijakan perawatan dan interval dan biaya perawatan. Bagian akhir tahap analisis adalah analisis evaluasi biaya antara aktivitas perawatan eksisting dengan rekomendasi perbaikan usulan.

3.5 Tahap Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan. Adapun isi dari kesimpulan adalah jawaban dari tujuan penelitian tugas akhir dan temuan-temuan baru yang didapatkan pada saat penelitian. Serta dicantumkan saran guna pengembangan yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini akan menjelaskan tentang hasil pengumpulan dan pengolahan data baik yang bersifat kuantitatif didapatkan dari PT KS maupun yang bersifat kualitatif yang didapatkan dari hasil wawancara dengan staf Divisi *Maintenance Planning and Control*, staf *Supply Chain Management* dan operator unit produksi CTCM. Data tersebut akan diolah untuk mendapatkan *task* aktivitas *maintenance* beserta dengan interval yang tepat untuk mesin CTCM.

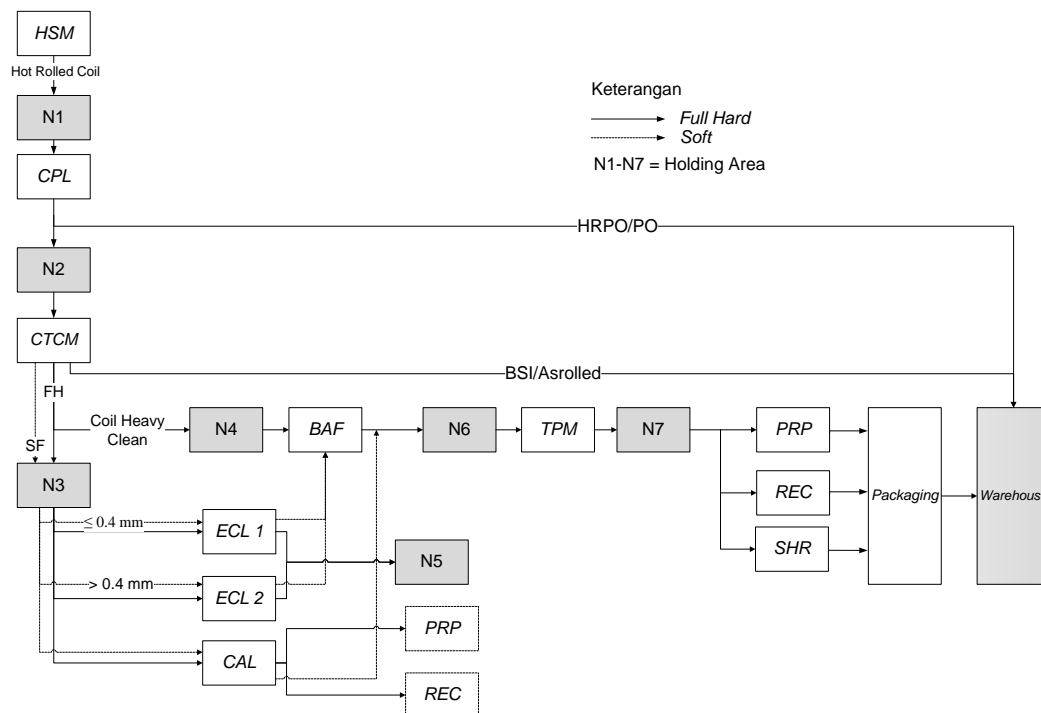
4.1 Pabrik Cold Rolling Mill (CRM)

Pabrik *Cold Rolling Mill* (CRM) adalah pabrik yang mengolah baja dalam bentuk *strip* dari pabrik *Hot Strip Mill* (HSM) menjadi baja lembar dingin, melalui proses perlakuan diproses tarik dan tekan dengan perlakuan dingin. Reduksi ketebalan dapat mencapai 92% dari hasil ketebalan semula. Kapasitas Pabrik CRM adalah 950.000 ton per tahun. Dalam proses produksinya membuat baja lembar dingin, Pabrik CRM memiliki sepuluh unit produksi yang bekerja sesuai dengan urutan proses (*sequence*).

Dalam proses produksi Pabrik CRM, terdapat empat jenis produk yang dihasilkan. Setiap jenis produk memiliki alur proses yang berbeda bergantung pada jenis dan ketebalan baja. Produk yang diproduksi oleh Pabrik CRM adalah *HRPO/PO*, *BSI/Asrolled*, *Full-hard* dan *Soft*. Dari keempat produk tersebut, terdapat *mix product* yang terbagi menjadi tiga kategori berdasarkan ketebalan yakni sebagai berikut.

1. *Lite* : ketebalan $\leq 0,2$ mm
2. *Medium* : $0,21 \text{ mm} \leq \text{ketebalan} \leq 0,59$ mm
3. *Heavy* : ketebalan $\geq 0,6$ mm

Perbedaan jenis produk tersebut menyebabkan adanya perbedaan alur proses produksi dimana untuk jenis produk yang satu akan memiliki alur pengerjaan unit produksi yang berbeda dengan jenis produk yang lainnya. Berikut ini adalah alur proses produksi dari setiap jenis produk.



Gambar 4. 1 Proses Produksi Pabrik CRM (Pabrik CRM, 2017)

Gambar 4.1 merupakan gambaran alur proses produksi dari masing-masing jenis produk dan ketebalan. Jika dikelompokkan berdasarkan jenis produk, terdapat empat alur proses produksi. *Produk Pickle Coil (PO/HRPO)* hanya melewati unit produksi CPL untuk proses pembersihan kemudian produk disimpan di *warehouse*. Produk BSI melewati dua unit produksi untuk proses pembersihan lembaran *strip* di CPL dan reduksi ketebalan di CTCM sebelum disimpan di *warehouse*. Kemudian untuk produk jenis *fullhard* dan *soft*, proses produksi hanya dibedakan pada perlu atau tidaknya proses *annealing*. Produk jenis *soft* perlu untuk diproses *annealing* untuk mengembalikan sifat dari baja dari perubahan struktur baja akibat reduksi ketebalan.

4.2 Aktivitas Perawatan yang Diterapkan di Pabrik CRM

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai aktivitas perawatan yang telah diterapkan di Pabrik CRM terkait dengan strategi dan mekanisme aktivitas perawatan.

4.2.1 Strategi Aktivitas Perawatan di Pabrik CRM

Strategi aktivitas perawatan pada Pabrik CRM menggunakan metode *preventive* dan *corective*. Metode *preventive* terdiri dari *time based maintenance* dan *predictice maintenance*. Untuk metode *time based maintenance*, Divisi *Maintenance Planning Control* (MPC) mengagendakan *preventive maintenance* setiap dua bulan sekali dalam rangka pengecekan dan rekondisi peralatan. Sedangkan metode *predictive maintenance* ditangani langsung oleh *engineer* yang ahli dengan budaya pengecekan Lihat, Dengar, Raba (LDR). Namun, metode *predictive maintenance* dirasa kurang optimal karena pada saat *engineer* melakukan *monitoring* tidak disertai dengan peralatan untuk pengukuran yang tepat dan keterbatasan *skill* dari beberapa *engineer* dalam hal *monitoring*. Berikut ini adalah penjabaran aktivitas *preventive maintenance*.

1. *Daily Check List*

daily check list adalah kegiatan inspeksi yang mengecek sesuai dengan parameter-parameter yang telah ditentukan. Parameter-parameter tersebut dibuat berdasarkan data-data yang dikumpulkan sebelumnya dan menjadi acuan bahwa dalam kondisi tertentu batas atas dan bawah dari parameter akan menjadi acuan bahwa kinerja mesin-mesin produksi berjalan normal. Kegiatan ini dilakukan sebanyak dua kali dalam satu *shift*.

2. *Preventive Maintenance Job Ticket*

preventive maintenance job ticket merupakan pelaksanaan tindakan pencegahan yang diinstruksikan sesuai dengan pengecekan sebelumnya meliputi *running inspection*, *shutdown inspection* dan *shutdown replacement*. Salah satu metodenya pengecekan adalah LDR.

3. *Overhaul*

dilakukan untuk menjamin kehandalan mesin sepanjang umurnya (instalasi hingga *scrap*). Kegiatan ini dilakukan sebanyak satu kali dalam setahun. Setelah melakukan perawatan, perlu dipastikan terhadap peralatan yang telah diperbaiki/diganti dapat berjalan dengan baik. dengan penyusunan *feedback maintenance* berupa laporan *delay* harian untuk mengetahui kondisi peralatan setelah tindakan perawatan. Berikut ini adalah hal-hal yang menjadi perhatian dalam laporan *delay* harian.

- a. Jika *delay* 60-120 menit maka harus ada Laporan Kerusakan Alat dan melaporkannya kepada *foremanshift*.
- b. Jika *delay* ≥ 120 menit maka harus ada *Fault Analysis Report* (FAR) dan melaporkannya kepada *engineer*.

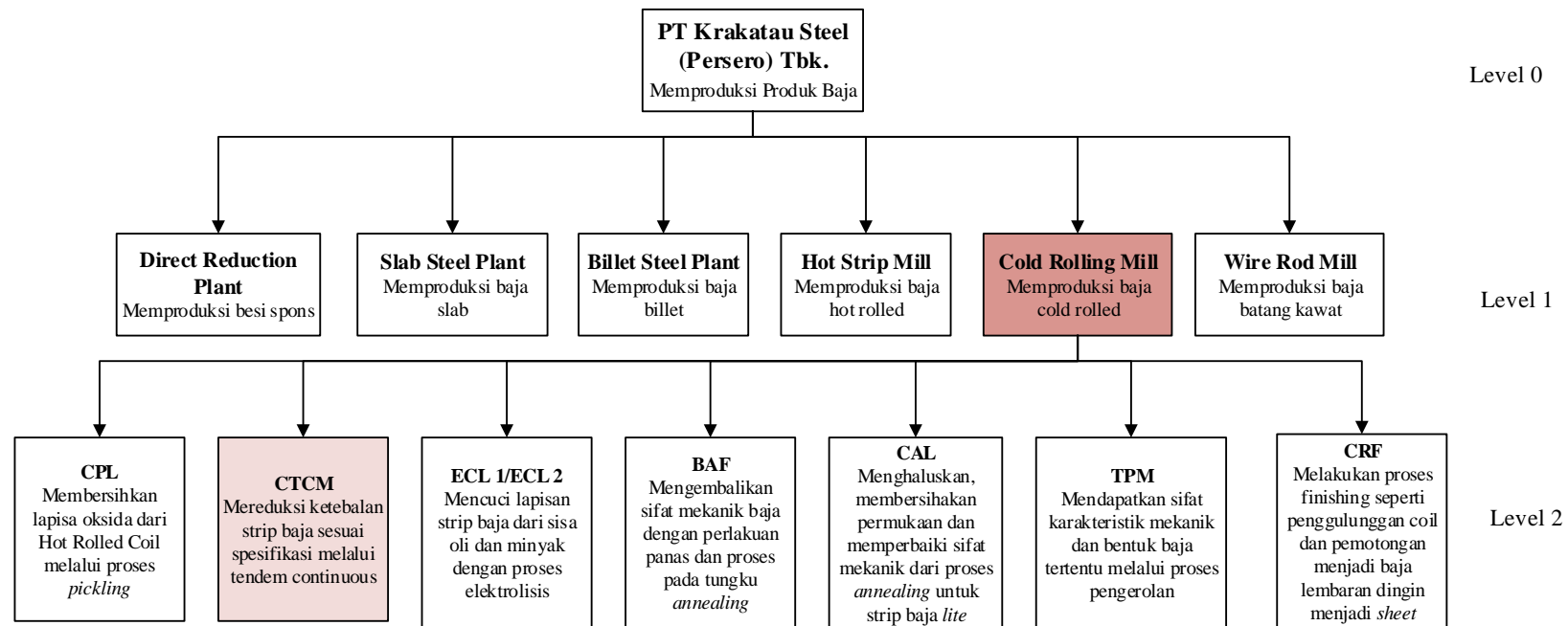
Metode aktivitas *maintenance corective* dilakukan apabila terdapat permasalahan yang sifatnya diluar perkiraan (*breakdown*). Permasalahan tersebut memiliki kecenderungan bersifat ringan sehingga dapat ditangani langsung oleh operator yang bertugas. Sedangkan untuk permasalahan yang bersifat berat ditangani oleh tenaga ahli yang telah berpengalaman.

4.3 Ruang Lingkup Sub Sistem Unit Produksi CTCM

Pada sub bab ini akan dijelaskan ruang lingkup amatan dari penelitian. Adapun ruang liangkup amatan penelitian dibatasi pada unit produksi CTCM. Peran dan kondisi dari unit produksi CTCM akan dijelaskan dalam sub sub-bab *system breakdown*, fungsi utama unit produksi, *boundary system* dan *functional block diagram*.

4.3.1 System breakdown

Penggambaran *system breakdown* bertujuan untuk mengetahui sub-sub sistem, yaitu pabrik-pabrik, yang ada di PT KS beserta letak dan aset-aset produksi apa saja yang terdapat di dalam perusahaan, terutama aset-aset produksi yang ada pada pabrik yang menjadi amatan yaitu Pabrik CRM. Berikut ini akan ditampilkan hasil *system breakdown*.



Gambar 4. 2 *System Breakdown* Unit Produksi CTCM dalam PT KS

Gambar 4.2 *System breakdown* dilengkapi dengan informasi level yang menunjukkan tingkatan. Level 0 menunjukkan perusahaan PT KS sebagai puncak hirarki. Kemudian pada level 1, PT KS dijabarkan menjadi enam pabrik yaitu DRP, SSP, BSP, HSM, CRM dan WRM. Dan pada level 2, sub sistem pabrik CRM dijabarkan menjadi aset-aset produksi yang terdiri dari sepuluh aset. Hubungan antara aset-aset pada Pabrik CRM telah dijabarkan pada Gambar 4.1 di sub bab sebelumnya.

4.3.2 Fungsi Utama

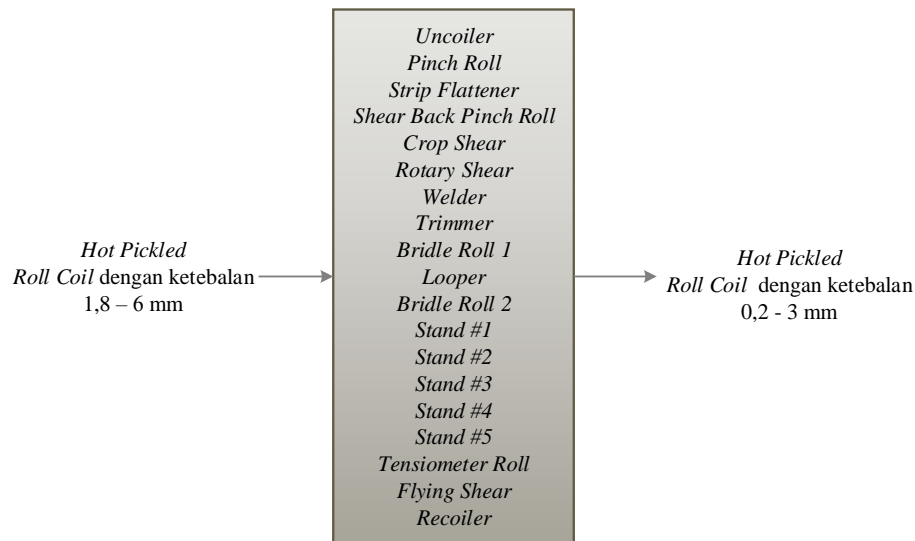
Unit produksi *Continuous Tandem Cold Mill* (CTCM) adalah unit produksi yang menjalankan proses setelah proses pencucian di unit produksi *Continuous Pickling Line* (CPL). Bahan baku yang diproses merupakan hasil luaran dari unit produksi CPL yaitu *Hot Pickled Roll Coil*. Proses yang berlangsung pada CTCM adalah pengurangan ketebalan baja dengan permukaan yang halus sesuai dengan pesanan yang diinginkan tanpa menggunakan proses pengapian melainkan menggunakan proses pengerolan yang dilakukan pada kondisi dibawah temperatur rekristalisasi. Penggambaran fungsi utama unit produksi CTCM ditunjukan pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Fungsi Utama Unit Produksi CTCM

4.3.3 Batasan Sistem

Tahapan menentukan batasan sistem merupakan tahapan penting dalam melakukan analisis teknik. Batasan sistem digambarkan dengan diagram sebagai berikut.



Gambar 4. 4 Batasan Sistem Unit Produksi CTCM

Diagram batasan sistem unit produksi CTCM menggambarkan peralatan-peralatan penyusun dari Unit Produksi CTCM yang merupakan sub sistem beserta dengan keterangan input dan output unit produksi. Lingkup dari objek yang dianalisis dibatasi oleh garis putus-puts.

4.3.4 Functional Block Diagram

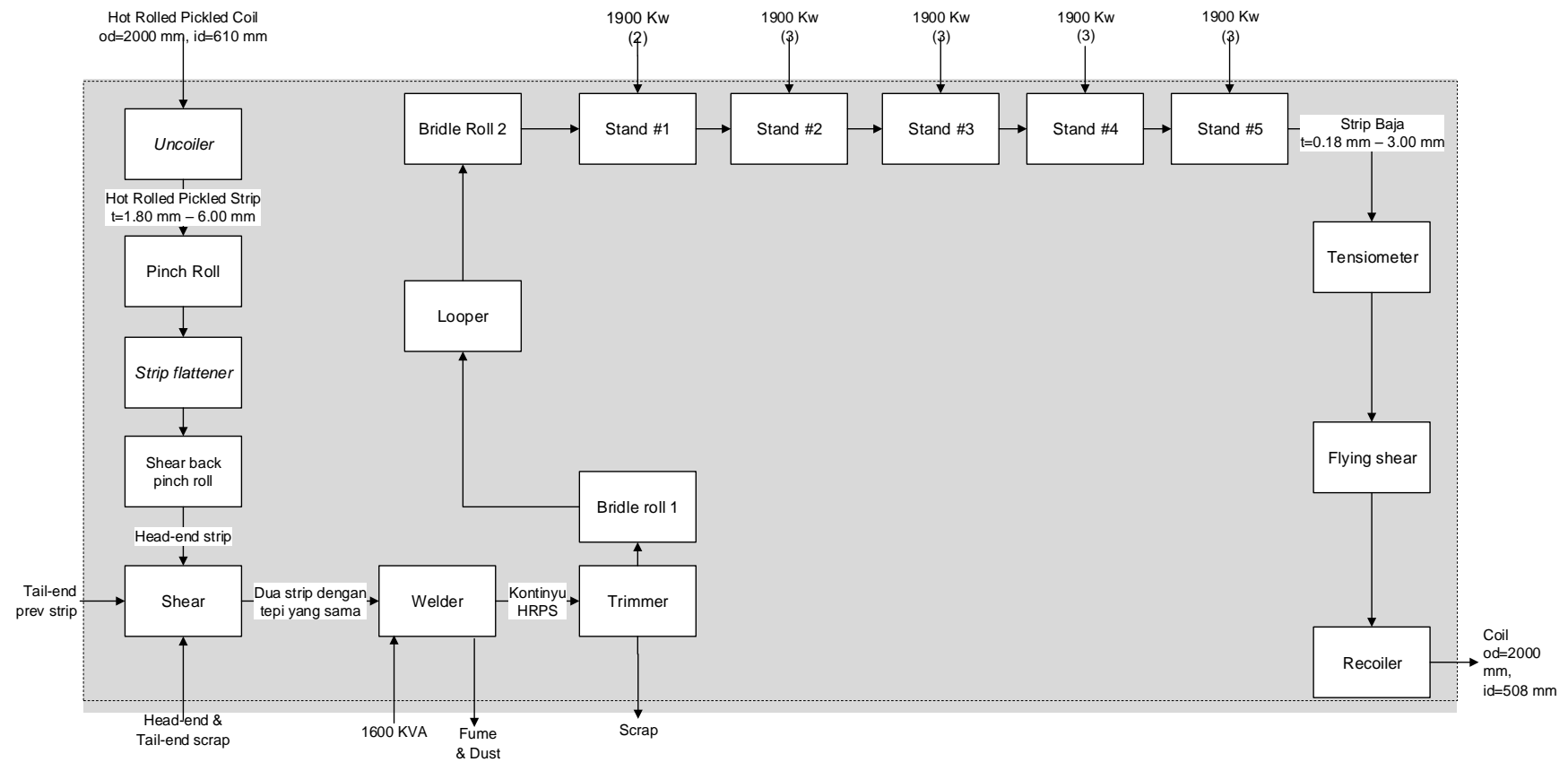
Pada sub bab ini akan digambarkan hasil dari *Functional Block Diagram* (FBD) dari unit produksi CTCM. Penggambaran FBD bertujuan untuk mengetahui hubungan antara fungsi-fungsi peralatan, dalam satu level, yang ada di unit produksi CTCM. Sebelum menggambarkan hubungan fungsi-fungsi peralatan unit CTCM dalam bentuk FBD, *Asset Block Diagram* (ABD) dibuat terlebih dahulu untuk mempermudah pemahaman. ABD merupakan gambaran dari hubungan antara peralatan-peralatan yang akan dijabarkan hubungan fungsinya pada FBD. Berikut ini adalah ABD dari unit produksi CTCM. ABD digambarkan pada Gambar 4.5.

Peralatan-peralatan pada unit produksi CTCM dapat dikelompokkan menjadi empat daerah lokasi yaitu *Entry*, *Looper*, *Mill* dan *Exit*. Lokasi daerah *Entry* terdiri dari *Uncoiler*, *Pinch Roll*, *Strip Flattenner*, *Shear Back Pinch Roll*, *Crop Shear*, *Bridle Roll 1* dan *Welder Unit*. Lokasi daerah *Looper* terdiri dari *Entry Steering*

Looper, Middle Steering Looper dan Exit Steering Looper dan Bridle Roll 2. Kemudian pada daerah *mill area* terdapat lima stand yang berfungsi untuk mereduksi ketebalan *strip* baja. Lokasi daerah yang terakhir adalah *Exit* yang terdiri dari *Tensiometer Roll, Flying Shear, dan Recoiler*. Setelah mendapatkan gambaran hubungan antara aset dari ABD, dilanjutkan dengan penggambaran FBD untuk mengetahui aliran dan hubungan antara fungsi aset. FBD digambarkan pada Gambar 4.6.

Uncoiler berfungsi untuk membuka bahan baku baja yang berupa gulungan *coil* menjadi *strip* baja yang siap untuk diproses di unit produksi CTCM. Kemudian, setelah bagian kepala dari *coil* baja terbuka menjadi *strip*, *Pinch Roll* menahan dan menghantarkan *strip* tersebut ke proses *line* agar level dari *strip* tersebut sama dengan *mill*. Ketika level *strip* baja sama dengan level *mill*, *strip* baja masuk ke dalam *mill*. Diawal *mill*, *strip* baja melewati *Strip Flattener* yang berfungsi untuk meratakan *strip* baja yang bersifat kaku agar permukaan dari *strip* besi lebih rata sehingga lebih mudah untuk diproses. Kemudian dilanjutkan dengan proses pemotongan *head-end strip* dengan *Crop Shear*. Dalam proses tersebut *shearback pinch roll* berfungsi untuk memegang dan menahan *strip*. Tujuan dari pemotongan *head-end strip* ini adalah agar ujung dari *head-end* yang awalnya berbentuk tidak rata menjadi rata sehingga dapat disambungkan dengan bagian *tail-end* dari *strip* baja sebelumnya. Setelah ujung *tail-end* dan *head-end* rata, dilakukan proses pengelasan untuk menyambung kedua *strip* tersebut.

Sebelum disambung, sisi *strip* diratakan dengan *Rotary Shear*. Karena proses produksi dari unit produksi CTCM yang bersifat kontinyu, setiap kali *strip coil* akan habis, maka akan dilakukan penyambungan dengan *strip coil* yang berikutnya. Bagian akhir dari *strip* baja yang pertama kali diproses (*tail-end*) akan disambung dengan bagian awal dari *strip coil* yang berikutnya (*head-end*). Metode yang digunakan untuk menyambung kedua *strip* baja tersebut dengan menggunakan proses pengelasan (*welding*). Setelah proses pengelasan, permukaan *strip* terutama pada permukaan bagian pengelasan diratakan dengan *Trimmer*. Rentangan *strip* baja yang telah tersambung akan dihilangkan tegangannya (*stress*) agar *strip* baja tidak patah saat berada di *looper* oleh *Bridle Roll 1*.



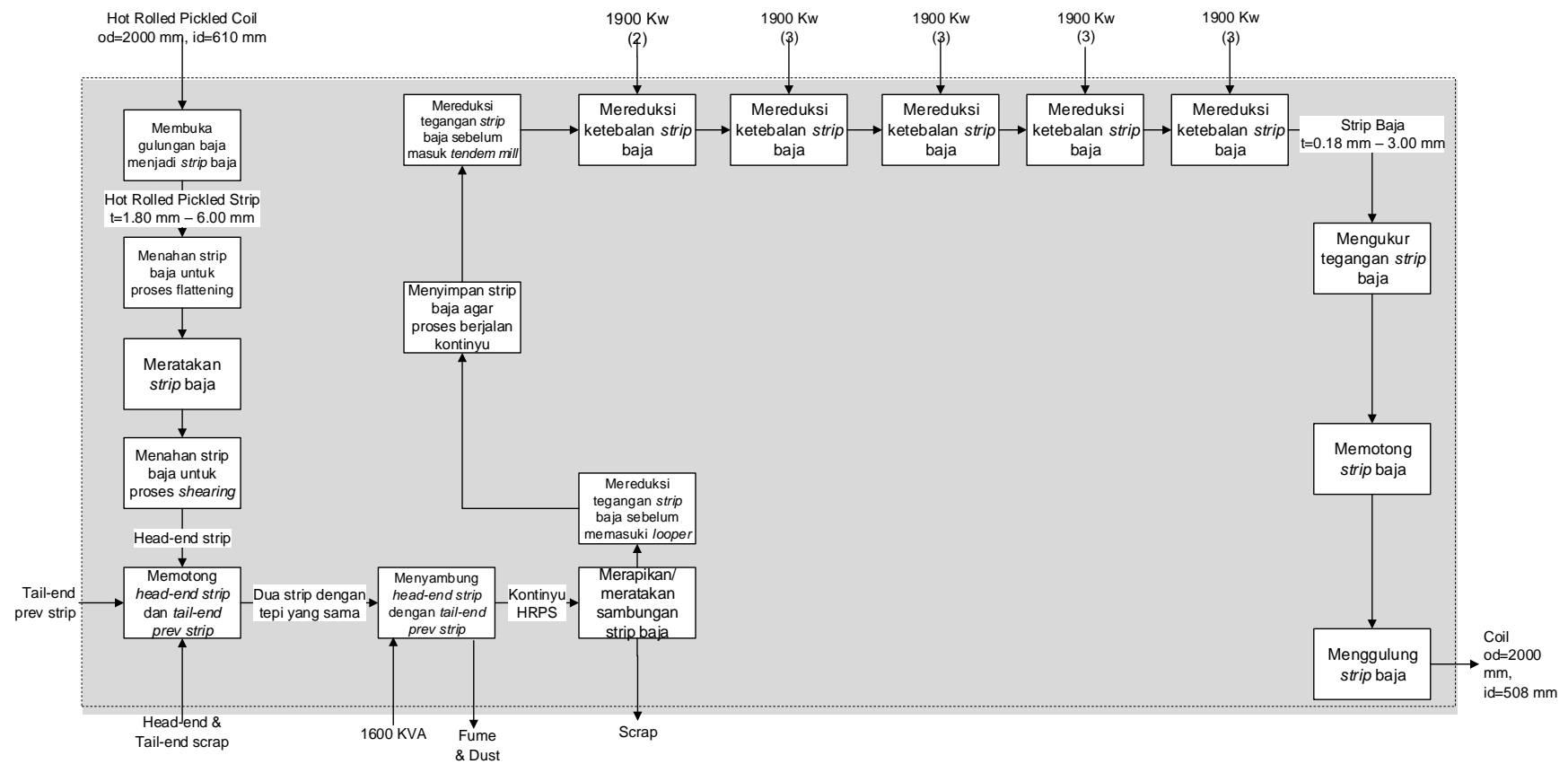
Gambar 4. 5 Asset Block Diagram (ABD) dari Unit Produksi CTCM

Bridle roll 1 juga berfungsi untuk mengurangi kecepatan dari *strip* baja pada saat proses pengerolan *strip* baja yang pertama hampir selesai. Pengurangan kecepatan tersebut bertujuan untuk memberikan waktu menyambung *tail-end* dari *strip* baja yang sudah diproses sebelumnya dengan *head-end strip* baja yang baru.

Proses produksi di unit produksi CTCM bersifat kontinyu, komponen yang menjaga agar proses produksi berjalan kontinyu dengan cara merentangkan *strip* baja sebagai cara penyimpanan adalah *Looper*. *Looper* terdiri dari *entry steering looper*, *middle steering looper* dan *exit steering looper*. *Enter steering looper* adalah *roll set* yang berfungsi untuk memposisikan *strip* pada *centerline looper* dengan *servo hydraulic system*. *Middle steering looper* berfungsi untuk memposisikan *strip* dengan bagian tengah *looper* sedangkan *exit steering looper* berfungsi memposisikan *strip* keluar *looper* menuju *Bridle Roll 2*. Fungsi dari *Bridle Roll 2* serupa dengan *Bridle Roll 1*, perbedaannya terletak pada posisinya, *Bridle Roll 2* berfungsi menghilangkan tegangan *strip* dari *looper* menuju *mill* agar *strip* baja tidak patah.

Setelah melalui daerah *Looper*, *strip* baja memasuki daerah *mill* untuk proses reduksi ketebalan. Daerah *mill* terdiri lima *stand*, yang masing-masing terdiri atas dua *work roll* dan dua *back up roll*. *Work roll* berfungsi untuk mereduksi *strip* baja, dimana setiap *stand* memiliki memiliki besar *reduction ration* yang berbeda-beda. Sedangkan *back up roll* berfungsi untuk menahan *work roll* dan mentransfer *rolling force* pada *work roll*. Kecepatan proses reduksi ini berkisar antara 120 – 1980 mpm dengan regulasi *tension by gap*. Kemudian terdapat komponen yang bernama *tensionmeter roll* yang berfungsi untuk mengukur tegangan *strip*.

Setelah melewati area *mill*, *strip* baja memasuki area *exit* untuk proses inspeksi dan digulung kembali menjadi bentuk *coil*. *Strip* baja akan digulung oleh *recoiler* agar *strip* baja berbentuk *coil* kembali. Terdapat dua buah *Recoiler* yaitu TR 1 dan TR 2, yang bekerja secara bergantian. Setelah mendapatkan satu gulungan *coil*, *Flying Shear* akan memotong *strip* baja.



Gambar 4. 6 *Functional Block Diagram* dari Unit Produksi CTCM

4.4 Reliability Centered Maintenance II Information Worksheet

Reliability Centered Maintenance II Information Worksheet adalah hasil rekapan dari analisis FMEA yang telah dilakukan pada setiap peralatan unit produksi CTCM. Analisis FMEA harus disusun dalam konteks operasi dari sistem, karena konteks operasi antara sistem yang satu dengan yang lainnya berbeda antar satu sama lain. Hasil analisis FMEA terdiri dari identifikasi fungsi peralatan (*function*), kegagalan fungsi peralatan (*failure function*), mode kegagalan (*failure mode*) dan dampak kegagalan (*effect*).

Analisis fungsi peralatan menjelaskan fungsi utama dan fungsi tambahan dari peralatan beserta dengan standar parameter-parameter yang harus dipenuhi agar peralatan dapat berfungsi sesuai dengan kehendak pengguna. Hasil analisis fungsi peralatan dievaluasi lebih lanjut untuk mengetahui kegagalan fungsi. Informasi kegagalan fungsi dapat meliputi dua jenis kegagalan fungsi antara lain kegagalan fungsi total dan kegagalan fungsi parsial dimana peralatan tidak dapat melakukan performansi sesuai dengan parameter standar yang ditetapkan.

Dari hasil analisis kegagalan fungsi, dilakukan identifikasi mode kegagalan dan/atau potensi mode kegagalan dari kegagalan fungsi tersebut. Informasi mode kegagalan dapat diperoleh dari data historis kerusakan-kerusakan yang pernah terjadi. Sedangkan potensi mode kegagalan dapat diperoleh dari hasil analisis bersama dengan pengguna unit produksi. Wujud dari mode kegagalan dapat dikategorikan kedalam dua kategori yaitu penurunan kapabilitas (*falling capability*) dan peningkatan performansi (*increase in desired performance*) unit produksi yang dikehendaki oleh pengguna.

Hasil identifikasi masing-masing mode kegagalan dan/atau potensi mode kegagalan kemudian dievaluasi untuk mengetahui penyebab dan dampak yang timbul jika mode kegagalan tersebut terjadi. Jika suatu mode kegagalan memberikan suatu dampak, maka informasi dampak yang disebabkan oleh mode kegagalan yang timbul perlu dipaparkan dalam rekap analisis. Dampak mode kegagalan dapat berupa dampak pada keselamatan (*safety*), lingkungan (*environment*) dan dampak operasional (*operational*). Berikut ini adalah salah satu contoh hasil analisis FMEA pada peralatan *Uncoiler*.

Tabel 4. 1 RCM II *Information Worksheet* dari *Uncoiler*

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		
	1	Sub-System: Uncoiler	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
Mengumpankan <i>coil</i> dari <i>conveyor</i> car ke <i>uncoiler</i> dan Membongkar <i>coil</i> menjadi <i>strip</i> dengan sistem kerja mandrel yang berputar terbalik	A	Entry <i>coil</i> car tidak bisa mengumpankan <i>coil</i> ke <i>uncoiler</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total failure</i>) pada fungsi primer <i>entry coil car</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena <i>entry coil car</i> tidak berfungsi sepenuhnya.	1	Kegagalan sistem <i>hydraulic</i> . Sistem <i>hydraulic</i> dianalisis secara terpisah.	Penyebab (<i>cause</i>) dan dampak (<i>effect</i>) dari keagalaman sistem <i>hydraulic</i> dianalisis secara terpisah.
			2	Kegagalan pengiriman sinyal PC.	Penyebab dari kegagalan <i>coil car</i> tidak bisa naik/turun untuk mengumpan <i>coil</i> karena ada kegagalan pada PC untuk mengirimkan sinyal perintah ke aktuator. Langkah yang dilakukan untuk menyalurkan sinyal kembali kepada aktuator adala dengan mereset PC.
			3	<i>Floor plate</i> mangalami pembengkokan.	Penyebab dari kegagalan <i>floor plate</i> adalah kegagalan <i>Detector Proximity</i> . Penyebab dari kegagalan DP adalah karena ada jarak antara DP dengan aktuator atau <i>contact control point</i> . Adanya jarak disebabkan oleh pergereseran akibat getaran atau puntiran pada kerja mesin.

Tabel 4. 1 RCM II *Information Worksheet* dari *Uncoiler*

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		
	1	Sub-System: Uncoiler	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
.	B	Mandrel tidak bisa <i>expand/collapse</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total failure</i>) pada fungsi primer <i>uncoiler</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena <i>mandrel</i> tidak berfungsi sepenuhnya.	1	Kegagalan dari <i>Detector Proximity</i> (DP) pada sistem <i>Hydraulic</i> , dimana DP tidak dapat <i>energize</i> .	Penyebab dari kegagalan DP adalah karena ada jarak antara DP dengan aktuator atau <i>contact control point</i> . Adanya jarak disebabkan oleh pergeseran akibat getaran atau puntiran pada kerja mesin. Oleh karena itu perlu dilakukan <i>adjustment</i> sebelum terjadi kegagalan <i>unenergize</i> . Jika <i>breakdown</i> melebihi satu siklus maka dapat memberhentikan proses produksi unit CTCM.
	C	Mandrel tidak bisa berputar. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total failure</i>) pada fungsi primer <i>uncoiler</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena <i>mandrel</i> tidak berfungsi sepenuhnya.	1	Motor <i>drive</i> terbakar karena <i>overheating</i> . Motor <i>drive overheating</i> disebabkan oleh kondisi <i>overload</i> secara terus-menerus.	Terbakarnya <i>motor drive</i> disebabkan oleh tingginya suhu pada <i>motor drive</i> akibat dari kurangnya lubrikasi. Dampak dari terbakarnya <i>motor drive</i> adalah terhentinya proses produksi untuk menangani pergantian motor <i>drive</i> .

Tabel 4.1. adalah contoh analisis FMEA dari salah satu peralatan unit produksi CTCM. Dari hasil analisis FMEA didapatkan dua fungsi dari *Uncoiler*, tiga kegagalan fungsi dan lima mode kegagalan. Hasil analisis FMEA ini akan dievaluasi kembali dengan RCM II *Decision Tree* dan RCM II *Decision Worksheet* untuk menentukan aktivitas pemeliharaan yang tepat untuk setiap mode kegagalan. Analisis FMEA peralatan-peralatan unit produksi CTCM lainnya dapat dilihat pada lampiran.

4.5 Reliability Centered Maintenance II Decision Worksheet

Reliability Centered Maintenance II Information Worksheet adalah rangkuman hasil evaluasi masing-masing mode kegagalan yang ditinjau dari aspek konsekuensi kondisi tersembunyi (*hidden*), keselamatan (*safety*), lingkungan (*environment*) dan operasional (*operational*). Hasil evaluasi tersebut akan menentukan aktivitas perawatan yang tepat untuk menangani mode kegagalan tertentu. Aktivitas pemeliharaan yang dapat dilakukan adalah *Scheduled on Condition Task*, *Scheduled Restoration Task*, *Scheduled Discard Task* dan *Failure Finding Task*.

Unit produksi CTCM memiliki peralatan-peralatan yang memiliki berbagai macam fungsi. Setiap fungsi memiliki potensi kegagalan dan mode kegagalan yang berbeda. Dari hasil analisis RCM II *Decision Worksheet*, unit produksi CTCM membutuhkan aktivitas pemeliharaan *Scheduled on Condition Task*, *Scheduled Restoration Task*, *Scheduled Discard Task* dan *Failure Finding Task* untuk mencegah dampak mode kegagalan. Berikut ini adalah salah satu contoh RCM II *Decision Worksheet* dari *Uncoiler*.

Tabel 4. 2 RCM II *Decision Worksheet*

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Propose d Task	Can be done by
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4		
								N1	N2	N3					
Uncoiler	1	A	1	Y	N	Y	Y	N	N	Y				Analisis sistem <i>hydraulic</i> dianalisis secara terpisah.	-
	1	A	2	N	N	N	N	Y	N	N				Melakukan <i>Scheduled on Condition Task</i> berupa pemeriksaan <i>signal</i> setiap memulai operasi produksi. Pemeriksaan <i>signal</i> dapat dibantu dengan penggunaan sensor atau <i>device</i> untuk mengetahui kondisi <i>signal</i> .	Processor Computer (PC)
	1	A	3	N	N	N	Y	N	Y	N				Melakukan <i>Scheduled Restoration Task</i> berupa pengecekan jajaran (<i>alignment</i>) dan mengatur (<i>adjust</i>) ulang antara DP dengan sistem <i>hydraulic</i> secara berkala agar tidak terjadi pembengkokan pada <i>floor plate</i> karena kegagalan <i>alignment</i> .	Mechanic (ME)
	1	B	1	N	N	N	Y	N	Y	N				Melakukan <i>Scheduled Restoration Task</i> berupa	Mechanic (ME)

Tabel 4. 2 RCM II *Decision Worksheet*

<i>Item</i>	<i>Information Reference</i>			<i>Consequence Evaluation</i>				H1	H2	H3	<i>Default Action</i>			<i>Proposed Task</i>	<i>Can be done by</i>
								S1	S2	S3					
								O1	O2	O3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4		
														pengecekan jajaran (<i>alignment</i>) dan mengatur (<i>adjust</i>) ulang antara DP dengan sistem <i>hydraulic</i> secara berkala agar mandrel dapat <i>expand/colapse</i> .	
	1	C	1	Y	N	N	Y	Y	N	N				Melakukan <i>Scheduled on Condition Task</i> berupa pemeriksaan kondisi indikator suhu pada motor. Pemeriksaan suhu pada motor dapat dibantu dengan penggunaan sensor atau <i>device</i> untuk mendeteksi. Hasil deteksi suhu digunakan sebagai kebijakan untuk melakukan <i>cooling down</i> pada motor.	Mechanic (ME)

Tabel 4.2. adalah contoh analisis RCM II *Decision Tree Diagram* yang direkap dalam RCM II *Decision Worksheet* dari salah satu peralatan unit produksi CTCM. Dari hasil analisis RCM II *Decision Tree Diagram*, kelima mode kegagalan dari peralatan *Uncoiler* ditangani dengan aktivitas perawatan *Scheduled on Condition Task* dan *Scheduled Restoration Task*. Rangkuman RCM II *Decision Worksheet* peralatan-peralatan unit produksi CTCM lainnya dapat dilihat pada lampiran.

Hasil akhir dari analisis RCM II *Decision Worksheet* adalah aktivitas-aktivitas perawatan yang tepat untuk mencegah mode-mode kegagalan dari peralatan berdasarkan evaluasi konsekuensi. Aktivitas perawatan yang diusulkan tidak terbatas pada mode kegagalan yang sudah terjadi namun juga untuk mencegah potensi mode kegagalan yang dapat terjadi.

4.6 Time To Failure

Unit produksi CTCM tersusun atas sub sistem yang beragam. Keberagaman fungsi peralatan penyusun unit produksi CTCM memunculkan berbagai macam variabel mode kegagalan. Karakteristik dari mode kegagalan penting untuk diketahui dalam analisis keandalan. Karakteristik mode kegagalan akan tergambar melalui pengolahan data distribusi kerusakan yang akan menghasilkan distribusi dan parameter kegagalan. Dengan distribusi dan parameter kegagalan, perhitungan dan analisis keandalan dapat dilakukan mencegah dan menangani mode kegagalan. Untuk mengetahui distribusi kegagalan dan parameter kegagalan, dilakukan fitting distribusi dengan software Minitab 17 Statistical Software.

4.6.1 Fitting Distribusi Time To Failure Peralatan Unit Produksi CTCM

Fitting distribusi dilakukan pada masing-masing peralatan. Jika suatu sub sistem yang memiliki komponen sub sistem, maka *fitting* distribusi perlu dilakukan pada seluruh komponen sub sistem. Berikut ini adalah penjabaran sub sistem dan komponen sub sistem pendukung dari unit produksi CTCM.

Tabel 4. 3 Sub Sistem dan Komponen Sub Sistem Unit Produksi CTCM

No	Sub Sistem	Sub-sub Sistem
1	<i>Uncoiler</i>	<i>Coil Car</i>
		<i>Floor Plate</i>
		<i>Mandrel</i>
2	<i>Pinch Roll</i>	<i>Pinch Roll</i>
3	<i>Strip Flattenner</i>	<i>Strip Flattenner</i>
4	<i>Shear Back Pinch Roll</i>	<i>Shear Back Pinch Roll</i>
5	<i>Crop Shear</i>	<i>Crop Shear</i>
		<i>Baut</i>
6	<i>Welder</i>	<i>Power</i>
		<i>Rotary Shear</i>
		<i>Trimmer</i>
7	<i>Bridle Roll 1</i>	<i>Bridle Roll 1</i>
8	<i>Looper</i>	<i>Safety Pin</i>
		<i>Steering Entry</i>
9	<i>Bridle Roll 2</i>	<i>Bridle Roll 2</i>
10	<i>Stand #1</i>	<i>Spindle – Work Roll</i>
11	<i>Stand #2</i>	<i>Spindle – Work Roll</i>
12	<i>Stand #3</i>	<i>Spindle – Work Roll</i>
13	<i>Stand #4</i>	<i>Spindle – Work Roll</i>
14	<i>Stand #5</i>	<i>Spindle – Work Roll</i>
15	<i>Tensiometer</i>	<i>Tensiometer</i>
16	<i>Flying Shear</i>	<i>Flying Shear</i>
17	<i>Recoiler</i>	<i>Coil Car TR 1</i>
		<i>Coil Car TR 2</i>
18	<i>Hydraulic System</i>	<i>O-Ring</i>
		<i>Hydraulic Bending Stand</i>

Hal ini juga berlaku untuk sub sistem yang memiliki lebih dari satu mode kegagalan. Pemisahan tersebut dilakukan jika antara komponen sub sistem/satu mode kegagalan dengan komponen sub sistem/mode kegagalan lainnya bersifat saling bebas. Berikut ini adalah penjabaran komponen sub sistem dan mode kegagalan dari komponen sub sistem dari unit produksi CTCM pada tahun 2015.

Tabel 4. 4 Jenis Mode Kegagalan Komponen Sub Sistem

No	Sub Sistem	Jenis Mode Kegagalan
1	<i>Coil Car</i>	<i>Coil Car</i> tidak dapat bergerak naik-turun
2	<i>Floor Plate</i>	<i>Floor Plate</i> mengalami pembengkokan
3	<i>Mandrel</i>	<i>Mandrel</i> tidak dapat membuka-menutup
4	<i>Pinch Roll</i>	<i>Pinch Roll</i> mengalami keausan
5	<i>Strip Flattenner</i>	<i>Strip Flattenner</i> tidak dapat menjepit <i>strip</i> baja
6	<i>Shear Back Pinch Roll</i>	<i>SBPR</i> tidak dapat menjepit <i>strip</i> baja
8	<i>Crop Shear</i>	<i>Clearance Crop Shear</i> tidak sesuai dengan standar
		Baut <i>Crop Shear</i> patah
9	<i>Power</i>	<i>Power</i> mengalami <i>tripped</i>
10	<i>Trimmer</i>	<i>Level passline Trimmer</i> terlalu rendah
11	<i>Rotary Shear</i>	<i>Clearance Rotary Shear</i> tidak sesuai standar
		<i>Rotary Shear</i> kotor
12	<i>Bridle Roll 1</i>	<i>Bridle Roll 1</i> mengalami <i>tripped</i>
13	<i>Safety Pin</i>	<i>Safety Pin</i> putus
14	<i>Steering Entry</i>	Servo <i>steering entry</i> tidak sensitif
		Servo <i>steering entry</i> bocor
15	<i>Bridle Roll 2</i>	<i>Bridle Roll 2</i> mengalami <i>tripped</i>
16	<i>Spindle – WR 1</i>	<i>Poor-alignment head spindle hole</i> dengan <i>WR</i>
17	<i>Spindle – WR 2</i>	<i>Poor-alignment head spindle hole</i> dengan <i>WR</i>
18	<i>Spindle – WR 3</i>	<i>Poor-alignment head spindle hole</i> dengan <i>WR</i>
19	<i>Spindle – WR 4</i>	<i>Poor-alignment head spindle hole</i> dengan <i>WR</i>
20	<i>Spindle – WR 5</i>	<i>Poor-alignment head spindle hole</i> dengan <i>WR</i>
21	<i>Tensiometer</i>	Tensiometer mengalami keausan
22	<i>Flying Shear</i>	<i>Clearance F/S</i> tidak sesuai dengan standar
23	<i>Coil Car TR 1</i>	<i>Coil Car</i> tidak dapat bergerak naik-turun
24	<i>Coil Car TR 2</i>	<i>Coil Car</i> tidak dapat bergerak naik-turun
25	<i>O-Ring</i>	O-ring tidak rapat dengan bidang
26	<i>Hydraulic Bending Stand</i>	<i>Poor-alignment hydraulic</i> dengan peralatan

Setelah mengidentifikasi komponen sub sistem dan mode-mode kegagalan dari setiap komponen sub sistem, dilakukan *fitting* distribusi.

Tabel 4. 5 Pengumpulan Data Kegagalan Fungsi *Coil Car*

No	Deskripsi Kegagalan	<i>Delay Start</i>	<i>Delay Finish</i>	Durasi Perbaikan (Menit)
1	<i>Coil Car</i> tidak bisa turun	08/01/2015 04.40	08/01/2015 04.50	10
2	<i>Coil Car</i> tidak bisa turun	25/04/2015 10.40	25/04/2015 10.48	8
3	<i>Coil Car</i> tidak bisa naik	29/08/2015 23.52	29/08/2015 23.59	7
4	<i>Coil Car</i> tidak bisa naik	30/08/2015 00.38	30/08/2015 00.45	7
5	<i>Coil Car</i> tidak bisa naik	13/09/2015 18.31	13/09/2015 18.35	4
6	<i>Coil Car</i> tidak bisa naik	14/10/2015 08.02	14/10/2015 08.16	14

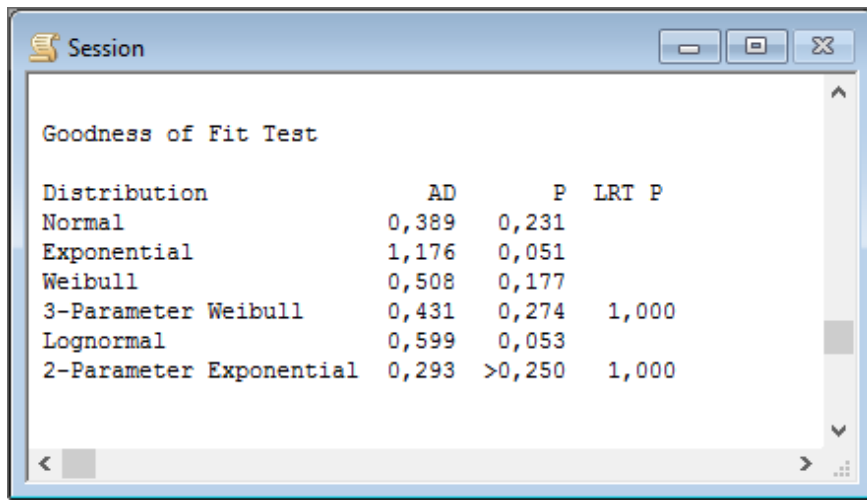
Data waktu kegagalan pada Tabel 4.5 tersebut kemudian diolah menjadi data waktu antar kegagalan (*time to failure*) pada Tabel 4.6. Berikut adalah hasil perhitungan TTF dan TTR dari komponen *Coil Car*.

Tabel 4. 6 *Time to Failure Coil Car* (Jam)

<i>Time to Failure (Jam)</i>	<i>Time to Repair (Menit)</i>
0	10
2574	8
3037,2	7
0,767	7
353,883	4
733,517	14

Kemudian dilakukan *fitting* distribusi dengan menggunakan *software Minitab 17 Statistical Software* untuk mengetahui distribusi dan parameter dari TTF dan TTR *Coil Car*. Hasil *fitting* distribusi waktu kegagalan *Coil Car* ditunjukkan pada Gambar 4.7.

Berdasarkan Gambar 4.7, distribusi paling tepat untuk menggambarkan data TTF dari *Coil Car* adalah distribusi Eksponensial 2 Parameter. Hal tersebut dapat dilihat dari *p-value* yang bernilai lebih dari 0,05 dan nilai AD terkecil. Setelah mendapatkan hasil distribusi yang tepat, dilakukan perhitungan distribusi parametrik menggunakan distribusi Eksponensial 2 Parameter untuk mendapatkan parameter. Berikut ini adalah parameter dari *Coil Car*.

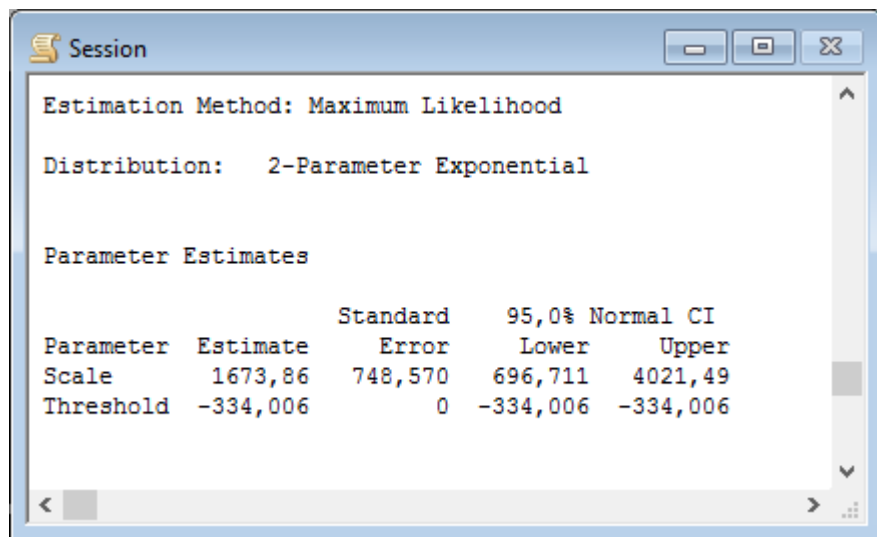


Session

Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT	P
Normal	0,389	0,231		
Exponential	1,176	0,051		
Weibull	0,508	0,177		
3-Parameter Weibull	0,431	0,274	1,000	
Lognormal	0,599	0,053		
2-Parameter Exponential	0,293	>0,250	1,000	

Gambar 4. 7 Hasil *Fitting* Distribusi Dari *Coil Car*



Session

Estimation Method: Maximum Likelihood

Distribution: 2-Parameter Exponential

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Standard Error	95,0% Normal CI Lower	95,0% Normal CI Upper
Scale	1673,86	748,570	696,711	4021,49
Threshold	-334,006	0	-334,006	-334,006

Gambar 4. 8 Hasil Perhitungan Analisis Distribusi Parametrik Dari *Coil Car*

Langkah yang sama dilakukan untuk seluruh sub sistem dan komponen sub sistem dari unit produksi CTCM. Hasil *fitting* distribusi waktu antar kegagalan dan analisis distribusi parametrik di rangkum pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Distribusi dan Parameter TTF Komponen Sub Sistem CTCM

Komponen Sub Sistem	Distribusi	β	η	γ	μ	σ
<i>Coil Car</i>	Ekspensial 2			334,01	1673,86	
<i>Floor Plate</i>	Log Normal				7,14	1,15

Tabel 4. 7 Distribusi dan Parameter TTF Komponen Sub Sistem CTCM

Komponen Sub Sistem	Distribusi	β	η	γ	μ	σ
<i>Mandrel</i>	Log Normal				6,60	0,59
<i>Pinch Roll</i>	Log Normal				7,95	0,44
<i>Strip Flattener</i>	Ekspensial				774,90	
<i>Shear Back Pinch Roll</i>	Weibull	0,54	405,26			
<i>Crop Shear</i>	Ekspensial 2			- 220,13	1102,63	
	Weibull	8,13	810,86			
<i>Power</i>	Log Normal				3,55	2,65
<i>Trimmer</i>	Weibull 3	0,41	12,31	0,40		
<i>Rotary Shear</i>	Log Normal				3,79	1,99
	Log Normal				5,78	0,48
<i>Bridle Roll 1</i>	Log Normal				4,91	1,20
<i>Safety Pin</i>	Weibull	9,60	129,99			
<i>Steering Entry</i>	Log Normal				4,08	2,25
	Log Normal				6,44	0,28
<i>Bridle Roll 2</i>	Ekspensial 2			-65,82	640,31	
<i>Spindle – WR 1</i>	Log Normal				6,65	1,20
<i>Spindle – WR 2</i>	Log Normal				7,22	1,11
<i>Spindle – WR 3</i>	Log Normal				7,42	0,45
<i>Spindle – WR 4</i>	Log Normal				7,63	0,79
<i>Spindle – WR 5</i>	Log Normal				7,16	0,76
<i>Tensiometer</i>	Weibull 3	0,73	936,07	-97,56		
<i>Flying Shear</i>	Log Normal				5,92	1,53
<i>Coil Car TR 1</i>	Weibull 3	1752,15	524928	- 523159		
<i>Coil Car TR 2</i>	Weibull	3,58	1149,67			
<i>O-Ring</i>	Weibull	2,10	2067,71			
<i>Hydraulic Bending Stand</i>	Log Normal				7,55	0,29

Langkah yang sama dilakukan untuk mengidentifikasi distribusi dan parameter dari waktu perbaikan (TTR). Hasil *fitting* distribusi waktu perbaikan dan analisis distribusi parametrik di rangkum pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Distribusi dan Parameter TTR Komponen Sub Sistem CTCM

Komponen Sub Sistem	Distribusi	β	η	γ	μ	σ
<i>Coil Car</i>	Log Normal				-2,04	0,38
<i>Floor Plate</i>	Normal				0,94	0,51
<i>Mandrel</i>	Weibull 3	1,25	0,17	0,05		
<i>Pinch Roll</i>	Log Normal				-1,41	0,98
<i>Strip Flattenner</i>	Log Normal				-1,24	0,65
<i>Shear Back Pinch Roll</i>	Ekspensial 2		0,41	0,05		
<i>Crop Shear</i>	Ekspensial 2		0,21	0,08		
	Normal				0,41	0,19
<i>Power</i>	Log Normal				-0,89	0,71
<i>Trimmer</i>	Log Normal				-1,27	0,50
<i>Rotary Shear</i>	Ekspensial 2		-1,75	0,07		
	Ekspensial 2		0,30	0,1		
<i>Bridle Roll 1</i>	Log Normal				-0,41	1,37
<i>Safety Pin</i>	Ekspensial 2		0,36	1,74		
<i>Steering Entry</i>	Log Normal				-2,12	0,63
	Weibull 3	0,93	0,19	0,16		
<i>Bridle Roll 2</i>	Weibull 3	0,70	0,08	0,13		
<i>Spindle – WR 1</i>	Normal				0,17	0,02
<i>Spindle – WR 2</i>	Normal				0,16	0,02
<i>Spindle – WR 3</i>	Normal				0,21	0,09
<i>Spindle – WR 4</i>	Ekspensial 2		0,106	0,107		
<i>Spindle – WR 5</i>	Normal				0,22	0,05
<i>Tensiometer</i>	Normal				1,72	0,42
<i>Flying Shear</i>	Normal				0,19	0,10
<i>Coil Car TR 1</i>	Normal				0,72	0,32
<i>Coil Car TR 2</i>	Log Normal				-0,26	0,32
<i>O-Ring</i>	Ekspensial 2		0,412	0,284		
<i>Hydraulic Bending Stand</i>	Normal				1,09	0,23

Distribusi dan parameter yang sudah didapatkan dari Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 akan digunakan untuk mencari nilai *Mean Time to Failure* (MTTF), *Mean Time to Repair* (MTTR) dan interval perawatan.

4.6.2 Perhitungan Mean Time to Failure (MTTF) dan Mean Time to Repair (MTTR)

Parameter nilai yang telah didapatkan digunakan untuk mendapatkan nilai MTTF dan MTTR dari masing-masing komponen sub sistem. Berikut ini adalah contoh perhitungan MTTF dan MTTR dari beberapa komponen sub sistem yang terdistribusi Weibull 2, Weibull 3, Eksponensial, Normal dan Log Normal.

1. *Safety Pin* (Distribusi Weibull 2)

$$\beta = 9,60$$

$$\eta = 129,99$$

$$MTTF = \gamma + \eta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

$$MTTF = 0 + 129,99 \Gamma\left(1 + \frac{1}{9,60}\right) = 3108,04 \text{ Jam}$$

2. *Tensiometer* (Distribusi Weibull 3)

$$\beta = 0,732317$$

$$\eta = 936,065$$

$$\gamma = -97,5595$$

$$MTTF = \gamma + \eta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

$$MTTF = -97,5595 + 936,065 \Gamma\left(1 + \frac{1}{0,732317}\right) = 1039,67 \text{ Jam}$$

3. *Strip Flattener* (Distribusi Eksponensial)

$$\mu = 774,896$$

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} = \mu = 774,896 \text{ Jam}$$

4. *Floor Plate* (Normal)

$$\mu = 0,94$$

$$\sigma = 0,51$$

$$MTTR = \mu$$

$$MTTR = 0,94 \text{ Jam}$$

5. *Coil Car* (Log Normal)

$$\mu = -2,04$$

$$\sigma = 0,38$$

$$MTTR = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right)$$

$$MTTR = \exp\left(-2,04 + \frac{0,38^2}{2}\right) = 0,1394 \text{ Jam}$$

Berikut ini adalah Tabel 4.9 dan Tabel 4.10 yang berisi rekapan hasil perhitungan MTTF dan MTTR dari setiap komponen sub sistem.

Tabel 4. 9 MTTF Komponen Sub Sistem Unit Produksi CTCM

Sub-sub Sistem	MTTF (Jam)	Sub-sub Sistem	MTTF (Jam)
<i>Coil Car</i>	1339,86	<i>Steering Entry</i>	740,495
<i>Floor Plate</i>	2433,63		650,636
<i>Mandrel</i>	876,426	<i>Bridle Roll 2</i>	574,487
<i>Pinch Roll</i>	3108,04	<i>Spindle – Work Roll 1</i>	1588,42
<i>Strip Flattener</i>	774,896	<i>Spindle – Work Roll 2</i>	2526,65
<i>Shear Back Pinch Roll</i>	703,533	<i>Spindle – Work Roll 3</i>	1839,59
<i>Crop Shear</i>	882,502	<i>Spindle – Work Roll 4</i>	2790,66
	764,236	<i>Spindle – Work Roll 5</i>	1714,07
<i>Power</i>	1175,76	<i>Tensiometer</i>	1039,67
<i>Trimmer</i>	38,9382	<i>Flying Shear</i>	932,541
<i>Rotary Shear</i>	319,187	<i>Coil Car TR 1</i>	1596,85
	364,073	<i>Coil Car TR 2</i>	1035,59
<i>Bridle Roll 1</i>	281,149	<i>O-Ring</i>	1831,34
<i>Safety Pin</i>	123,446	<i>Hydraulic Bending Stand</i>	1985,58

Tabel 4. 10 MTTR Komponen Sub Sistem Unit Produksi CTCM

Sub-sub Sistem	MTTR (Jam)	Sub-sub Sistem	MTTR (Jam)
<i>Coil Car</i>	0,139	<i>Steering Entry</i>	0,147
<i>Floor Plate</i>	0,940		0,353
<i>Mandrel</i>	0,206	<i>Bridle Roll 2</i>	0,229
<i>Pinch Roll</i>	0,394	<i>Spindle – Work Roll 1</i>	0,167
<i>Strip Flattener</i>	0,356	<i>Spindle – Work Roll 2</i>	0,158
<i>Shear Back Pinch Roll</i>	0,462	<i>Spindle – Work Roll 3</i>	0,208
<i>Crop Shear</i>	0,292	<i>Spindle – Work Roll 4</i>	0,212
	0,411	<i>Spindle – Work Roll 5</i>	0,223
<i>Power</i>	0,529	<i>Tensiometer</i>	1,717

Tabel 4. 10 MTTR Komponen Sub Sistem Unit Produksi CTCM

Sub-sub Sistem	MTTR (Jam)	Sub-sub Sistem	MTTR (Jam)
<i>Trimmer</i>	0,317	<i>Flying Shear</i>	0,192
<i>Rotary Shear</i>	0,175	<i>Coil Car TR 1</i>	0,72
	0,392	<i>Coil Car TR 2</i>	0,81
<i>Bridle Roll 1</i>	1,698	<i>O-Ring</i>	0,69
<i>Safety Pin</i>	2,100	<i>Hydraulic Bending Stand</i>	1,09

4.7 Jaringan Keandalan

Jaringan keandalan (*reliability network*) adalah evaluasi keandalan yang terbagi menjadi rangkaian seri dan rangkaian paralel. Gambar 4.9 menggambarkan susunan-susunan sub sistem baik yang tersusun secara seri maupun tersusun secara paralel. Jaringan komponen yang tersusun secara seri digambarkan dengan garis oval putus-putus berwarna merah, sedangkan jaringan komponen yang tersusun secara paralel digambarkan dengan garis oval putus-putus berwarna biru.

Setelah menyusun jaringan keandalan, langkah selanjutnya adalah menghitung keandalan masing-masing sub sistem untuk setiap waktu, berdasarkan hubungan antar komponen yaitu seri atau paralel. Perhitungan dilakukan untuk pada waktu kondisi eksisting dan waktu interval usulan. Asumsi kenaikan keandalan setelah aktivitas perawatan adalah 0,07. Berikut ini adalah contoh perhitungan paralel (R_{p1}) dari *Coil Car TR 1* dan *Coil Car TR 2* dan perhitungan seri (R_{s7}) dari *Flying Shear* dan R_{p1} saat kondisi eksisting di $t = 2160$.

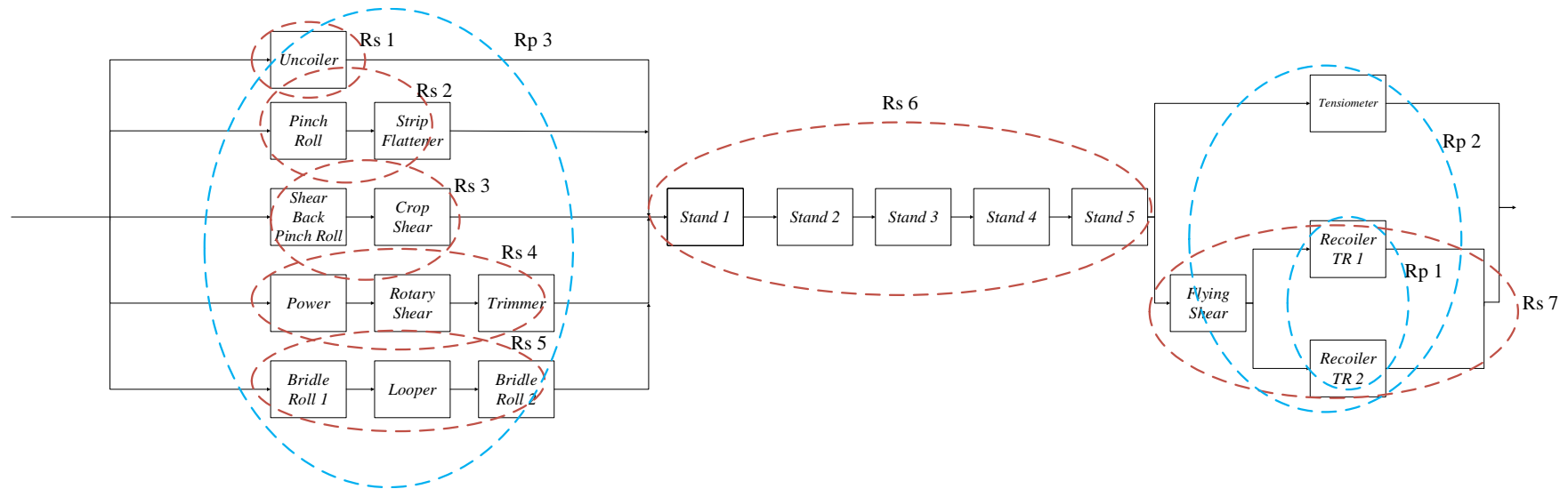
$$R_{p1} = 1 - ((1 - R_{TR1}) \times (1 - R_{TR2}))$$

$$R_{p1} = 1 - ((1 - 0,8252) \times (1 - 0,0097)) = 0,8269$$

R_{p1} kemudian dihitung secara seri dengan $R_{FlyingShear}$, untuk mendapatkan R_{s7} .

$$R_{s7} = R_{p1} \times R_{FlyingShear}$$

$$R_{s7} = 0,8269 \times 0,2264 = 0,1872$$



Gambar 4. 9 Susunan Jaringan Keandalan Sistem Produksi CTCM Seri dan Paralel

Keterangan:

- Seri
- Paralel

Kemudian dilakukan perhitungan keandalan sistem, R_{sys} , untuk mengetahui keandalan sistem secara utuh saat kondisi eksisting. Hasil perhitungan keandalan dapat dilihat pada Lampiran.

$$R_{sys} = R_{s6} \times R_{p2} \times R_{p3}$$

$$R_{sys} = 0,0321 \times 0,4163 \times 0,3293 = 0,0043$$

Dengan cara yang sama, dilakukan perhitungan keandalan sistem, R_{sys} , saat menerapkan interval perawatan usulan.

$$R_{sys} = R_{s6} \times R_{p2} \times R_{p3}$$

$$R_{sys} = 0,0121 \times 0,8463 \times 0,6090 = 0,0062$$

Berdasarkan perhitungan keandalan dari kondisi eksisting dan kondisi perbaikan, didapatkan kenaikan keandalan sebesar 44,19% yang diperoleh dari perhitungan berikut.

$$\text{Kenaikan Keandalan} = \frac{(0,0062 - 0,0043)}{0,0043} \times 100\% = 44,19\%$$

4.8 Penentuan Interval dan Aktivitas Perawatan Usulan (*Proposed Maintenance Task*)

Hasil dari analisis RCM II *Information Sheet* (FMEA), RCM II *Decision Sheet* dan analisis distribusi parametrik akan digunakan untuk memberikan usulan aktivitas perawatan yang tepat untuk masing-masing mode kegagalan beserta dengan interval untuk menjalankan aktivitas perawatan tersebut.

4.8.1.1 *Scheduled on Condition Tasks*

Scheduled on Condition Task adalah kategori *proactive maintenance* yang mencakup kegiatan pengecekan potensi kegagalan (*potential failure*). Penentuan interval dari *Scheduled on Condition Task* adalah setengah dari Interval P-F. Interval P-F adalah interval antara terjadinya potensi kegagalan dan kondisi kegagalan fungsi pada peralatan. Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi konsekuensi RCM II, berikut ini adalah komponen sub sistem yang memerlukan perawatan *Scheduled on Condition Task*.

Tabel 4. 11 Usulan Interval Perawatan *Scheduled on Condition Task*

No	Sub Sistem	Komponen Sub Sistem	Usulan Interval P-F Perawatan (Jam)
1	<i>Uncoiler</i>	<i>Coil Car</i>	160

Tabel 4. 11 Usulan Interval Perawatan *Scheduled on Condition Task*

No	Sub Sistem	Komponen Sub Sistem	Usulan Interval P-F Perawatan (Jam)
2	<i>Crop Shear</i>	<i>Crop Shear</i>	100
3	<i>Strip Flattener</i>	<i>Strip Flattener</i>	100
4	<i>Welder Unit</i>	<i>Rotary Shear</i>	100
		<i>Trimmer</i>	19
5	<i>Flying shear</i>	<i>Flying Shear</i>	50
6	<i>Recoiler</i>	<i>Coil Car TR#1</i>	985
		<i>Coil Car TR#2</i>	555

Tabel 4.11 menunjukan hasil dari Interval P-F dan usulan interval pemeriksaan yang berbeda pada masing-masing komponen. Penentuan Interval P-F berdasarkan pada *continuous observation* perusahaan.

4.8.1.2 *Scheduled Restoration Tasks*

Scheduled Restoration Task adalah kategori *proactive maintenance* untuk memberikan perawatan sebagai cara untuk mengantisipasi mode kegagalan dengan cara rekondisi komponen untuk mengembalikan kemampuan asal. Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi konsekuensi RCM II, berikut ini adalah komponen sub sistem yang memerlukan perawatan *Scheduled Restoration Task*.

Tabel 4. 12 Komponen Sub Sistem dengan Perawatan *Schedule restoration*

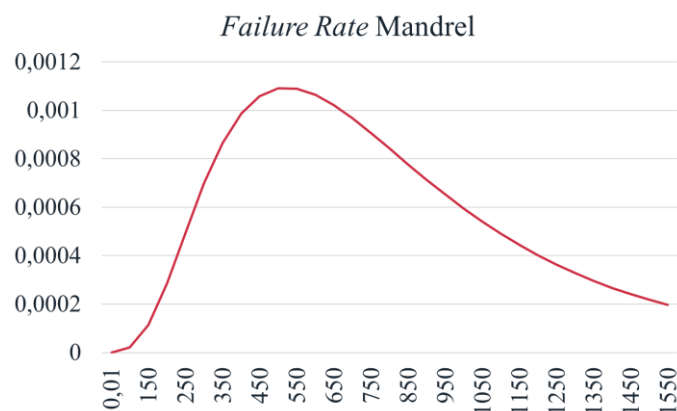
No	Sub Sistem	Komponen Sub Sistem
1	<i>Uncoiler</i>	<i>Floor Plate</i>
		<i>Mandrel</i>
2	<i>Pinch Roll</i>	<i>Pinch Roll</i>
3	<i>Welder Unit</i>	<i>Rotary Shear</i>
4	<i>Stand #1</i>	<i>Spindle - WR #1</i>
5	<i>Stand #2</i>	<i>Spindle - WR #2</i>
6	<i>Stand #3</i>	<i>Spindle - WR #3</i>
7	<i>Stand #4</i>	<i>Spindle - WR #4</i>
8	<i>Stand #5</i>	<i>Spindle - WR #5</i>
9	<i>Tensiometer</i>	<i>Tensiometer</i>

Untuk mengetahui peningkatan keandalan setelah dilakukan *Schedule Restoration* pada setiap komponen sub sistem, dilakukan simulasi perhitungan *preventive maintenance*. Data yang dibutuhkan untuk melakukan analisis ini adalah data distribusi parameter kerusakan yang telah didapatkan di sub bab sebelumnya. Berikut ini adalah rangkuman distribusi dan parameter dari komponen *Mandrel*.

Tabel 4. 13 Data Distribusi *Mandrel*

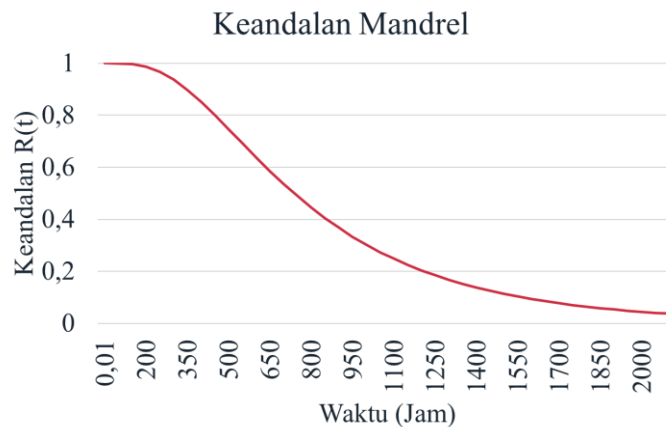
<i>Mandrel</i>	
TTF	
Distribusi	Log Normal
μ	6,60
σ	0,59
MTTF	876,426
TTR	
Distribusi	Weibull 3 Parameter
β	1,25
η	1,25
γ	0,05
MTTR	0,206

Sebelum melakukan simulasi, perlu dilakukan *plotting* grafik laju kegagalan dan keandalan terhadap waktu untuk mengetahui kondisi dari peralatan. Berikut ini adalah contoh hasil grafik laju kegagalan, keandalan pada komponen *Mandrel*.



Gambar 4. 10 Laju Kerusakan $\lambda(t)$ *Mandrel*

Gambar 4.10 adalah grafik dari laju kegagalan dari *Mandrel* terhadap waktu. Laju kegagalan *Mandrel* memiliki kecenderungan meningkat sampai pada satu titik mengalami penurunan kembali.



Gambar 4. 11 Keandalan $R(t)$ *Mandrel*

Gambar 4.11 adalah grafik keandalan dari *Mandrel* terhadap waktu. Keandalan dari *Mandrel* akan semakin menurun terhadap bertambahnya waktu. Setelah mendapatkan nilai laju kegagalan dan nilai keandalan terhadap waktu, ditentukan batas keandalan untuk melakukan perawatan preventif. Berikut ini adalah hasil simulasi peningkatan keandalan *preventive maintenance* dari *Mandrel*.

Tabel 4. 14 Simulasi Peningkatan Keandalan *Preventive Maintenance Mandrel*

t	$\lambda(t)$	$R(t)$	n	t-nT	$R(T)^n$	$R(t-nT)$	$R_m(t)$ PM
0,01	0,000000000	1	0	0,01	1	1	1
100	0,00002062	0,999669672	0	100	1	0,999669672	0,999669672
150	0,00011421	0,99668115	0	150	1	0,99668115	0,99668115
200	0,00029023	0,986935354	0	200	1	0,986935354	0,986935354
250	0,00051335	0,967411964	0	250	1	0,967411964	0,967411964
300	0,00074605	0,937407993	0	300	1	0,937407993	0,937407993
350	0,00096465	0,898082362	0	350	1	0,898082362	0,898082362
400	0,00115826	0,851563609	0	400	1	0,851563609	0,851563609
450	0,00132383	0,800235004	0	450	1	0,800235004	0,800235004
500	0,00146238	0,746311279	1	0,01	0,746311279	1	0,746311279
550	0,00157665	0,691644946	1	100	0,746311279	0,999669672	0,746064751

Tabel 4. 14 Simulasi Peningkatan Keandalan *Preventive Maintenance Mandrel*

t	$\lambda(t)$	R(t)	n	t-nT	$R(T)^n$	R(t-nT)	Rm(t) PM
600	0,00166988	0,637675038	1	150	0,746311279	0,99668115	0,743834384
650	0,00174525	0,585450975	1	200	0,746311279	0,986935354	0,736560986
700	0,00180562	0,535688965	1	250	0,746311279	0,967411964	0,72199046
750	0,00185346	0,48883701	1	300	0,746311279	0,937407993	0,699598158
800	0,00189088	0,445136546	1	350	0,746311279	0,898082362	0,670248996
850	0,00191961	0,404675675	1	400	0,746311279	0,851563609	0,635531526
900	0,00194113	0,36743265	1	450	0,746311279	0,800235004	0,597224409
950	0,00195663	0,33331009	2	0,01	0,556980525	1	0,556980525
1000	0,00196712	0,30216114	2	100	0,556980525	0,999669672	0,556796538
1050	0,00197343	0,273809013	2	150	0,556980525	0,99668115	0,55513199
1100	0,00197624	0,248061264	2	200	0,556980525	0,986935354	0,549703771

Berdasarkan Tabel 4.14, pada komponen *Mandrel*, interval perawatan secara optimal mempertimbangkan besar keandalan 0,7 dilakukan pada besaran 500 jam. Peningkatan keandalan $R_m(t)PM$ setelah perawatan preventif pertama pada $t = 550$ dihasilkan melalui perhitungan dari persamaan 2.29 berikut $R_m(t) = R(T)^n R(t - nT)$

$$R_m(550) = 0,746311279^1 \times 0,999669672$$

$$R_m(550) = 0,746064751$$

4.8.1.3 Scheduled Discard Tasks

Aktivitas pemeliharaan *scheduled discard task* adalah kebijakan yang sesuai untuk menantisipasi penyebab kegagalan dengan cara mengganti komponen. Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi konsekuensi RCM II, berikut ini adalah komponen sub sistem yang memerlukan perawatan *Scheduled On Discard Task*.

Tabel 4. 15 Komponen Sub Sistem dengan Perawatan *Schedule on Discard Task*

No	Sub Sistem	Komponen Sub Sistem	Harga Komponen (USD)	Harga Komponen (Rp)
1	<i>Crop Shear</i>	<i>Baut Crop Shear</i>	591,48	7.689.253
2	<i>Looper</i>	<i>Safety Pin</i>	120,10	1.327.313
3	<i>Hydraulic System</i>	<i>O-Ring</i>	0,4	5.200

Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk mendapatkan interval *Schedule on Discard Task* untuk komponen Baut *Crop Shear*. Data yang dibutuhkan untuk melakukan analisis ini adalah data distribusi parameter kerusakan yang telah didapatkan di sub bab sebelumnya. Berikut ini adalah rangkuman distribusi dan parameter dari komponen Baut *Crop Shear*.

Tabel 4. 16 Data Distribusi Baut *Crop Shear*

Baut <i>Crop Shear</i>	
TTF	
Distribusi	Weibull 2
β	8,13
η	810,86
MTTF	764,236 Jam
TTR	
Distribusi	Normal
μ	0,41
σ	0,19
MTTR	0,411 Jam

Perhitungan interval pergantian (TM) menggunakan persamaan 2.34. Untuk mendapatkan nilai TM, dibutuhkan nilai variabel C_F yaitu biaya perbaikan dan nilai variabel C_M yaitu biaya aktivitas *preventive maintenance*. Perhitungan untuk mendapatkan variabel C_F adalah sebagai berikut.

$$C_F = C_R + MTTR (C_o + C_w)$$

Keterangan:

C_F = biaya perbaikan atau penggantian karena komponen rusak untuk setiap siklus perawatan (R_p)

C_R = biaya penggantian kerusakan komponen

C_o = biaya kerugian produksi

C_w = biaya tenaga kerja *corrective maintenance*

Biaya kerugian produksi dipengaruhi oleh nilai output per jam yaitu *ton per hour* (TPH), yaitu 119 ton per jam dan harga jual per ton pada tahun 2015 yaitu 600 USD. Sehingga biaya kerugian produksi per jam dapat dihitung sebagai berikut.

$$C_o = \frac{\text{ton}}{\text{jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{\text{hari}} \times \frac{\text{Harga jual USD}}{\text{ton}} \times \text{Rp } 13.000$$

$$C_o = \frac{119 \text{ ton}}{\text{jam}} \times 24 \text{ jam} \times \frac{600 \text{ USD}}{\text{ton}} \times \text{Rp } 13.000$$

$$C_o = \text{Rp } 22.276.800.000 \text{ per hari} = \text{Rp } 928.000.000 \text{ per jam}$$

Setelah mendapatkan nilai dari variabel C_o , dilanjutkan dengan perhitungan variabel C_w yaitu biaya tenaga kerja *corrective maintenance*. Tenaga kerja *corrective maintenance* untuk menangani suatu kerusakan minimal terdiri dari terdiri dari tiga orang. Biaya tenaga kerja per hari adalah Rp 133.000 per orang. Sehingga untuk biaya tenaga kerja *corrective maintenance* dalam satu jam yang terdiri dari tiga orang adalah sebagai berikut.

$$C_w = \frac{\text{Rp } 133.000}{\text{hari}} \times 3 \text{ orang}$$

$$C_w = \text{Rp } 400.000 \text{ per hari} = \text{Rp } 16.667 \text{ per jam}$$

Setelah mendapatkan nilai dari ketiga variabel, kemudian dilakukan perhitungan biaya perbaikan (C_F) dari komponen Baut *Crop Shear* sebagai berikut.

$$C_F = C_R + MTTR (C_o + C_w)$$

$$C_F = \text{Rp } 7.689.253/\text{part} + 0,411 \text{ hari} (\text{Rp } 928.200.000 / \text{jam} + \text{Rp } 16.667 / \text{jam})$$

$$C_F = \text{Rp } 389.289.335$$

Berikut ini adalah hasil perhitungan biaya perbaikan seluruh komponen sub sistem untuk aktivitas perawatan *Schedule on Discard*.

Tabel 4. 17 Biaya Perbaikan Komponen (C_F)

Komponen	C_R (Rp)	C_o (Rp)	C_w (Rp)	MTTR per jam	C_F (Rp)
Baut C/S	7.689.253	928.200.000	16.667	0,411	389.289.335
Safety Pin	1.327.313	928.200.000	16.667	2,10	1.950.582.313
O-ring	5.200	928.200.000	16.667	0,692	642.705.514

Langkah selanjutnya adalah mencari nilai variabel C_M atau biaya aktivitas perawatan preventif. Variabel C_M dipengaruhi oleh biaya tenaga kerja perawatan preventif, biaya perbaikan komponen dan biaya *downtime* akibat perawatan preventif.

Tenaga kerja yang dikerahkan dalam aktivitas perawatan *preventive* untuk masing-masing komponen adalah tiga orang. Sehingga biaya tenaga kerja perawatan *preventive* didapatkan sebagai berikut.

$$C_{WPM} = \frac{Rp\ 4.000.000}{bulan} \times 18\ orang$$

$$C_{WPM} = Rp\ 72.000.000\ per\ bulan$$

$$C_{WPM} = Rp2.400.000\ per\ hari = Rp100.000\ per\ jam$$

Biaya perbaikan komponen yang dilakukan pada saat aktivitas perawatan preventif adalah *re-alignment*, *greasing* dan *re-encoding*. Berdasarkan informasi dari perusahaan, estimasi biaya yang dikeluarkan untuk perawatan ini adalah sekitar 50% dari biaya perbaikan masing-masing komponen (C_F). Berikut ini adalah biaya perbaikan komponen dari komponen Baut *Shear Crop*.

$$C_{FPM} = 0,5 \times C_F$$

$$C_{FPM} = 0,5 \times Rp\ 389.289.335$$

$$C_{FPM} = Rp\ 194.644.668$$

Ketika dilakukan perawatan preventif pada unit produksi, perusahaan mengalami *production loss* karena unit produksi tidak beroperasi. Berdasarkan informasi yang diberikan, *production loss* diperkirakan sebesar 1% dari pendapatan per hari. Sehingga *production loss* per jam saat aktivitas perawatan preventif adalah sebagai berikut.

$$C_{OPM} = 1\% \times \frac{119\ ton}{jam} \times 24\ jam \times \frac{600\ USD}{ton} \times Rp\ 13.000$$

$$C_{OPM} = Rp\ 222.768.000\ per\ hari = Rp\ 9.282.000\ per\ jam$$

Setelah mendapatkan nilai dari ketiga variabel, kemudian dilakukan perhitungan biaya perawatan preventif (C_M) dari komponen Baut *Crop Shear* sebagai berikut.

$$C_M = C_{WPM} + C_{FPM} + C_{OPM}$$

$$C_M = Rp100.000 + Rp\ 194.644.668 + Rp\ 9.282.000$$

$$C_M = Rp\ 204.026.668$$

Setelah mendapatkan variabel C_F dan C_M , langkah selanjutnya adalah menghitung interval pergantian (TM) komponen. Dengan nilai $\beta = 8,13$ dan $\eta = 810,86$, didapatkan nilai interval penggantian Baut *Crop Shear* dengan persamaan 2.34 adalah sebagai berikut.

$$TM = \eta \left[\frac{C_M}{C_F(\beta-1)} \right]^{\frac{1}{\beta}}$$

$$TM = 810,86 \left[\frac{204.026.668,8}{389.289.335 (8,13-1)} \right]^{\frac{1}{8,13}}$$

$$TM = 558,223 \text{ Jam}$$

Berikut ini adalah hasil perhitungan interval waktu seluruh komponen sub sistem untuk aktivitas perawatan *Schedule on Discard*.

Tabel 4. 18 Interval Penggantian Komponen Sub Sistem

Komponen	β	η	CM	CF	TM (Jam)
Baut C/S	8,13	810,86	204.026.668	389.289.335	558,223
Safety Pin	9,59579	129,989	984.673.157	1.950.582.313	96,740
O-Ring	2,10316	2067,71	330.734.757	642.705.514	1438,886

4.8.1.4 Failure Finding Interval

Failure Finding Interval adalah kategori *default action* dengan melakukan pengecekan kondisi dan fungsi dari komponen sub sistem. Melalui aktivitas pemeliharaan ini dapat diidentifikasi gejala kegagalan, terutama pada komponen sub sistem yang tersembunyi. Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi konsekuensi RCM II, berikut ini adalah komponen sub sistem yang memerlukan perawatan *Failure Finding Interval (FFI)*.

Tabel 4. 19 Data MTTF Komponen Sub Sistem dengan Perawatan FFI

No	Sub Sistem	Komponen Sub Sistem	MTTF (Jam)	MTTF (Hari)
1	Looper	Servo 1	740,50	30,854
		Servo 2	685,06	28,544
2	Bridle Roll #1	Bridle Roll 1	281,15	11,715
3	Bridle Roll #2	Bridle Roll 2	574,49	23,937
4	Welder Unit	Power	1175,76	48,990
5	Shear Back Pinch Roll	SBPR	703,53	29,314

Tabel 4. 20 Data MTTR Komponen Sub Sistem dengan Perawatan FFI

No	Sub Sistem	Komponen Sub Sistem	MTTR (Jam)	MTTR (Hari)
1	Looper	Servo 1	0,147	0,006125

Tabel 4. 20 Data MTTR Komponen Sub Sistem dengan Perawatan FFI

No	Sub Sistem	Komponen Sub Sistem	MTTR (Jam)	MTTR (Hari)
		Servo 2	0,521	0,021708
2	<i>Bridle Roll #1</i>	<i>Bridle Roll 1</i>	1,698	0,070750
3	<i>Bridle Roll #2</i>	<i>Bridle Roll 2</i>	0,229	0,009542
4	<i>Welder Unit</i>	<i>Power</i>	0,529	0,022042
5	<i>Shear Back Pinch Roll</i>	<i>SBPR</i>	0,462	0,019250

Interval FFI didapatkan melalui persamaan 2.35. Langkah pertama adalah menghitung nilai *unavailability* dari masing-masing komponen sub sistem. Berikut ini adalah contoh perhitungan *unavailability* dari komponen *Bridle Roll 1*.

$$Unavailability = 1 - \frac{MTTF}{MTTF + MTTR}$$

$$Unavailability = 1 - \frac{11,715}{11,715 + 0,070750} = 0,0060018$$

Setelah mendapatkan nilai *unavailability*, langkah selanjutnya adalah menghitung interval *Failure Finding* sebagai berikut.

$$FFI = 2 \times U_{tve} \times M_{tve}$$

$$FFI = 2 \times 0,0060018 \times (11,715 + 0,070750) = 0,14 \text{ hari} = 3,39 \text{ jam}$$

Berikut ini adalah hasil perhitungan biaya perbaikan seluruh komponen sub sistem untuk aktivitas perawatan *Failure Finding Interval*.

Tabel 4. 21 Interval *Failure Finding* Komponen Sub Sistem CTCM

Komponen Sub Sistem	MTTR (Hari)	MTBF (Hari)	Availability	Unavailability	FFI (Hari)	FFI (Jam)
Servo 1	0,0061	30,8601	0,9998	0,0002	0,0122	0,2940
Servo 2	0,0217	28,5657	0,9992	0,0008	0,0434	1,0420
<i>Bridle Roll 1</i>	0,0707	11,7853	0,9940	0,0060	0,1415	3,3960
<i>Bridle Roll 2</i>	0,0095	23,9465	0,9996	0,0004	0,0190	0,4580
<i>Power</i>	0,0220	49,0120	0,9996	0,0004	0,0440	1,0580
<i>SBPR</i>	0,0193	29,3331	0,9993	0,0007	0,0385	0,9240

Berdasarkan hasil perhitungan FFI, interval pengecekan kegagalan pada komponen relatif pendek. Hal tersebut akan memakan waktu dan tenaga pengecekan, sehingga dilakukan penyesuaian dengan mempertimbangkan target ketersediaan dari Unit Produksi CTCM. Perusahaan menetapkan batas ketersediaan 87,00%, sehingga didapatkan FFI sebagai berikut.

Tabel 4. 22 FFI untuk Ketersediaan 87,00%

Komponen Sub Sistem	<i>Availability</i>	FFI (Hari)	FFI (Jam)
Servo 1	87,00%	8,02	192,57
Servo 2	87,00%	7,43	178,25
<i>Bridle Roll 1</i>	87,00%	3,06	73,54
<i>Bridle Roll 2</i>	87,00%	6,23	149,43
<i>Power</i>	87,00%	12,74	305,84
<i>SBPR</i>	87,00%	7,63	183,04

4.9 Perhitungan Biaya

Berdasarkan pada laporan biaya perawatan Pabrik CRM, estimasi biaya yang dikeluarkan untuk perawatan seluruh pabrik adalah USD 12.209.665 atau setara dengan Rp 158.725.645.000. Dengan biaya sebesar USD 1.057.857, setara dengan Rp 13.752.134.617, untuk perawatan Unit Produksi CTCM. Biaya tersebut merupakan biaya perawatan PM yang dilakukan setiap dua kali dalam sebulan dan biaya perawatan CM yang dilakukan pada saat terjadi kerusakan.

Langkah pertama dalam perhitungan biaya perawatan usulan (*porposed maintenance task*) dan perhitungan biaya perawatan PM eksisting adalah penyetaraan *scope of work* antara mode kegagalan yang menjadi objek amatan dalam penelitian dengan mode kegagalan dari kondisi eksisting. Tabel 4.6 berikut ini adalah rangkuman interval perawatan PM kebijakan perusahaan yaitu dua kali dalam satu bulan atau setiap limabelas hari yang setara dengan tiga ratus enam puluh jam.

Tabel 4. 23 Interval Aktivitas Perawatan Preventif Eksisting

Sub-sub Sistem	TM(Jam)	Sub-sub Sistem	TM (Jam)
<i>Coil Car</i>	360	<i>Steering Entry</i>	360
<i>Floor Plate</i>	360		360
<i>Mandrel</i>	360	<i>Bridle Roll 2</i>	360
<i>Pinch Roll</i>	360	<i>Spindle – Work Roll 1</i>	360
<i>Strip Flattener</i>	360	<i>Spindle – Work Roll 2</i>	360
<i>Shear Back Pinch Roll</i>	360	<i>Spindle – Work Roll 3</i>	360
<i>Crop Shear</i>	360	<i>Spindle – Work Roll 4</i>	360
	360	<i>Spindle – Work Roll 5</i>	360
<i>Power</i>	360	<i>Tensiometer</i>	360
<i>Trimmer</i>	360	<i>Flying Shear</i>	360
<i>Rotary Shear</i>	360	<i>Coil Car TR 1</i>	360
	360	<i>Coil Car TR 2</i>	360
<i>Bridle Roll 1</i>	360	<i>O-Ring</i>	360
<i>Safety Pin</i>	360	<i>Hydraulic Bending Stand</i>	360

Interval usulan aktivitas perawatan yang diusulkan dirangkum pada Tabel 4.24. Hasil interval usulan berdasarkan pada analisis keandalan dan jenis aktivitas perawatan yang telah dilakukan pada sub bab sebelumnya.

Tabel 4. 24 Interval Usulan (TM) Aktivitas Perawatan

Sub-sub Sistem	TM(Jam)	Sub-sub Sistem	TM (Jam)
<i>Coil Car</i>	160	<i>Steering Entry</i>	192,57
<i>Floor Plate</i>	500		178,25
<i>Mandrel</i>	500	<i>Bridle Roll 2</i>	149,43
<i>Pinch Roll</i>	2000	<i>Spindle – Work Roll 1</i>	300
<i>Strip Flattener</i>	100	<i>Spindle – Work Roll 2</i>	550
<i>Shear Back Pinch Roll</i>	183,04	<i>Spindle – Work Roll 3</i>	1150
<i>Crop Shear</i>	100	<i>Spindle – Work Roll 4</i>	1350
	588	<i>Spindle – Work Roll 5</i>	700
<i>Power</i>	305,84	<i>Tensiometer</i>	300
<i>Trimmer</i>	19,47	<i>Flying Shear</i>	50

Tabel 4. 24 Interval Usulan (TM) Aktivitas Perawatan

Sub-sub Sistem	TM(Jam)	Sub-sub Sistem	TM (Jam)
<i>Rotary Shear</i>	100	<i>Coil Car TR 1</i>	985
	210	<i>Coil Car TR 2</i>	555
<i>Bridle Roll 1</i>	73,54	<i>O-Ring</i>	1438,88
<i>Safety Pin</i>	96,74	<i>Hydraulic Bending Stand</i>	1500

Interval dalam melaksanakan aktivitas perawatan yang berbeda akan mempengaruhi frekuensi dalam melakukan aktivitas perawatan. Berikut ini adalah contoh perhitungan frekuensi aktivitas perawatan komponen *Coil Car*, *Floor Plate*, *Mandrel*, *Pinch Roll* dan *Strip Flattener* pada kondisi eksisting dan kondisi usulan dalam satu tahun. Hasil perhitungan frekuensi aktivitas perawatan lainnya dapat dilihat pada Lampiran.

Tabel 4. 25 Frekuensi Aktivitas Perawatan PM Eksisting

Bulan	Jam	<i>Coil Car</i>	<i>Floor Plate</i>	<i>Mandrel</i>	<i>Pinch Roll</i>	<i>Strip Flattener</i>
1	720	2	2	2	2	2
2	1440	2	2	2	2	2
3	2160	2	2	2	2	2
4	2880	2	2	2	2	2
5	3600	2	2	2	2	2
6	4320	2	2	2	2	2
7	5040	2	2	2	2	2
8	5760	2	2	2	2	2
9	6480	2	2	2	2	2
10	7200	2	2	2	2	2
11	7920	2	2	2	2	2
12	8640	2	2	2	2	2

Tabel 4. 26 Frekuensi Aktivitas Perawatan Usulan

Bulan	Jam	<i>Coil Car</i>	<i>Floor Plate</i>	<i>Mandrel</i>	<i>Pinch Roll</i>	<i>Strip Flattener</i>
1	720	4	1	1	-	7
2	1440	5	1	1	-	7
3	2160	4	2	2	1	7

Tabel 4. 26 Frekuensi Aktivitas Perawatan Usulan

Bulan	Jam	Coil Car	Floor Plate	Mandrel	Pinch Roll	Strip Flattener
4	2880	5	1	1	-	7
5	3600	4	2	2	-	8
6	4320	5	1	1	1	7
7	5040	4	2	2	-	8
8	5760	5	1	1	-	6
9	6480	4	1	1	1	7
10	7200	5	2	2	-	8
11	7920	4	1	1	-	7
12	8640	5	2	2	1	7

Biaya aktivitas perawatan terdiri atas biaya tenaga kerja, biaya pembelian komponen dan biaya perbaikan komponen. Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak perusahaan, tim yang dikerahkan untuk melakukan aktivitas perawatan untuk setiap komponen sub sistem terdiri dari tiga tenaga kerja, biaya komponen dan biaya perawatan. Biaya tenaga kerja teknisi Unit Produksi CTCM merupakan biaya tetap. Berikut ini adalah contoh perhitungan biaya tenaga kerja perawatan dalam dua belas bulan.

$$C_w = \text{Upah per bulan} \times \text{Jumlah tenaga kerja} \times \text{Jumlah komponen sub sistem} \times 12$$

$$C_w = \text{Rp } 4.000.000 \text{ per bulan} \times 3 \text{ orang} \times 28 \text{ komponen} \times 12 \text{ bulan}$$

$$C_w = \text{Rp } 4.032.000.000$$

Setelah menghitung biaya tenaga kerja, langkah selanjutnya adalah menghitung biaya komponen. Biaya komponen dipengaruhi oleh harga beli komponen dan frekuensi pergantian komponen. Berikut ini adalah contoh perhitungan biaya komponen dari Baut *Crop Shear*, *Safety Pin* dan *O-ring* pada bulan pertama.

$$C_R = (C_{R1} \times f_1) + (C_{R2} \times f_2) + (C_{R3} \times f_3)$$

$$C_R = (\text{Rp } 7.689.253 \times 2) + (\text{Rp } 1.327.300 \times 2) + (\text{Rp } 130.000 \times 2)$$

$$C_R = \text{Rp } 18.293.106$$

Setelah menghitung biaya tenaga kerja dan biaya komponen, dilakukan perhitungan biaya perawatan. Biaya perawatan terdiri dari aktivitas *re-alignment*, pemberian *grease*, *re-encoding* dan pengecekan lainnya. Biaya perawatan komponen sub sistem diasumsikan sebesar 50% dari harga komponen. Berikut ini adalah contoh perhitungan perawatan pada bulan pertama.

$$C_F = 50\% \times \text{harga komponen} \times \text{frekuensi}$$

$$C_F = (Rp\ 195.000 \times 2) + (Rp\ 130.000 \times 2) + (Rp\ 780.000 \times 2)$$

$$C_F = Rp\ 10.316.553$$

Rangkuman hasil perhitungan biaya perawatan PM eksisting dan biaya perawatan usulan ditampilkan pada Tabel 4. 26 dan Tabel 4.27 berikut.

Tabel 4. 27 Biaya Perawatan PM Eksisting

Bulan	Biaya Tenaga Kerja	Biaya Komponen	Biaya Perawatan Komponen
1	Rp336.000.000	Rp18.293.106	Rp10.316.553
2	Rp336.000.000	Rp18.293.106	Rp10.316.553
3	Rp336.000.000	Rp18.293.106	Rp10.316.553
4	Rp336.000.000	Rp18.293.106	Rp10.316.553
5	Rp336.000.000	Rp18.293.106	Rp10.316.553
6	Rp336.000.000	Rp18.293.106	Rp10.316.553
7	Rp336.000.000	Rp18.293.106	Rp10.316.553
8	Rp336.000.000	Rp18.293.106	Rp10.316.553
9	Rp336.000.000	Rp18.293.106	Rp10.316.553
10	Rp336.000.000	Rp18.293.106	Rp10.316.553
11	Rp336.000.000	Rp18.293.106	Rp10.316.553
12	Rp336.000.000	Rp18.293.106	Rp10.316.553
Sub total	Rp4.032.000.000	Rp219.517.272	Rp123.798.636
Total	Rp4.375.315.908		

Tabel 4. 28 Biaya Perawatan Usulan

Bulan	Biaya Tenaga Kerja	Biaya Komponen	Biaya Perawatan Komponen
1	Rp336.000.000	Rp16.980.353	Rp8.685.177
2	Rp336.000.000	Rp17.110.353	Rp8.750.177

Tabel 4. 28 Biaya Perawatan Usulan

Bulan	Biaya Tenaga Kerja	Biaya Komponen	Biaya Perawatan Komponen
3	Rp336.000.000	Rp18.307.653	Rp9.933.827
4	Rp336.000.000	Rp17.110.353	Rp8.750.177
5	Rp336.000.000	Rp16.980.353	Rp13.680.953
6	Rp336.000.000	Rp18.437.653	Rp9.511.327
7	Rp336.000.000	Rp16.980.353	Rp9.075.177
8	Rp336.000.000	Rp17.110.353	Rp8.847.677
9	Rp336.000.000	Rp16.980.353	Rp9.172.677
10	Rp336.000.000	Rp18.437.653	Rp9.511.327
11	Rp336.000.000	Rp24.669.606	Rp12.919.803
12	Rp336.000.000	Rp18.437.653	Rp9.511.327
Sub total	Rp4.032.000.000	Rp217.542.689	Rp118.349.621
Total	Rp4.367.892.310		

4.10 Uji Sensitivitas

Uji sensitivitas dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari perubahan waktu perbaikan (MTTR) terhadap *loss production*. Uji sensitivitas dilakukan dengan cara mengubah variabel MTTR. Sebelum melakukan uji sensitivitas, dilakukan perhitungan *loss production* pada saat Unit Produksi CTCM tidak beroperasi karena aktivitas perbaikan. Berikut ini adalah contoh perhitungan *Production Loss Coil Car*.

$$\text{Production Loss} = \text{MTTR} \times \text{Loss Ton per menit} \times \text{Harga jual}$$

$$\text{Production Loss} = 8,354 \times 1,983 \times \text{Rp } 7.800.000 = \text{Rp } 129.229.573$$

Hasil perhitungan *Production Loss* dirangkum pada Tabel 4.28. Setelah mendapatkan nilai *Production Loss* pada saat MTTR. Langkah selanjutnya adalah melakukan uji sensitivitas untuk MTTR. Berikut ini adalah contoh uji sensitivitas dari komponen sub *Coil Car*. Uji Sensitivitas komponen sub lainnya dapat dilihat pada Lampiran.

Tabel 4. 29 Perhitungan *Loss Production* saat Perbaikan

	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	8,30762	0,198	Rp7.800.000	Rp12.830.281
-0,50%	8,31179	0,198	Rp7.800.000	Rp12.836.732
-0,45%	8,31597	0,198	Rp7.800.000	Rp12.843.182
-0,40%	8,32015	0,198	Rp7.800.000	Rp12.849.633
-0,35%	8,32432	0,198	Rp7.800.000	Rp12.856.084
-0,30%	8,32850	0,198	Rp7.800.000	Rp12.862.534
-0,25%	8,33268	0,198	Rp7.800.000	Rp12.868.985
-0,20%	8,33685	0,198	Rp7.800.000	Rp12.875.436
-0,15%	8,34103	0,198	Rp7.800.000	Rp12.881.886
-0,10%	8,34521	0,198	Rp7.800.000	Rp12.888.337
-0,05%	8,34938	0,198	Rp7.800.000	Rp12.894.787
1	8,35356	0,198	Rp7.800.000	Rp12.901.238
0,05%	8,35774	0,198	Rp7.800.000	Rp12.907.689
0,10%	8,36191	0,198	Rp7.800.000	Rp12.914.139
0,15%	8,36609	0,198	Rp7.800.000	Rp12.920.590
0,20%	8,37027	0,198	Rp7.800.000	Rp12.927.041
0,25%	8,37444	0,198	Rp7.800.000	Rp12.933.491
0,30%	8,37862	0,198	Rp7.800.000	Rp12.939.942
0,35%	8,38280	0,198	Rp7.800.000	Rp12.946.392
0,40%	8,38697	0,198	Rp7.800.000	Rp12.952.843
0,45%	8,39115	0,198	Rp7.800.000	Rp12.959.294
0,50%	8,39533	0,198	Rp7.800.000	Rp12.965.744
0,55%	8,39950	0,198	Rp7.800.000	Rp12.972.195
0,60%	8,40368	0,198	Rp7.800.000	Rp12.978.645
0,65%	8,40786	0,198	Rp7.800.000	Rp12.985.096

Tabel 4. 30 Nilai Sensitivitas

No.	Mode Kegagalan Komponen Sub Sistem	MTTR (Menit)	Slope
1	<i>Coil Car</i> tidak dapat bergerak naik-turun	8,354	Rp1.544.400
2	<i>Floor Plate</i> mengalami pembengkokan	56,400	Rp1.544.400
3	<i>Mandrel</i> tidak dapat membuka-menutup	12,362	Rp1.544.400
4	<i>Pinch Roll</i> mengalami keausan	23,618	Rp1.544.400
5	<i>Strip Flattenner</i> tidak dapat menjepit	21,332	Rp1.544.400
6	<i>Shear Back Pinch Roll</i> tidak dapat menjepit	27,750	Rp1.544.400
7	<i>Clearance Crop Shear</i> tidak sesuai	17,500	Rp1.544.400
8	Baut <i>Crop Shear</i> Patah	24,667	Rp1.544.400
9	<i>Power</i> mengalami <i>tripped</i>	31,711	Rp1.544.400
10	<i>Level passline Trimmer</i> terlalu rendah	19,014	Rp1.544.400
11	<i>Clearance Rotary Shear</i> tidak sesuai	10,499	Rp1.544.400

Tabel 4. 30 Nilai Sensitivitas

No.	Mode Kegagalan Komponen Sub Sistem	MTTR (Menit)	Slope
12	<i>Rotary Shear</i> kotor	34,500	Rp1.544.400
13	<i>Bridle Roll 1</i> mengalami <i>tripped</i>	101,855	Rp15.470.000
14	<i>Safety Pin</i> putus	126,000	Rp15.470.000
15	<i>Steering</i> tidak sensitif	8,804	Rp15.470.000
16	<i>Steering</i> tidak merespon	31,250	Rp15.470.000
17	<i>Bridle Roll 2</i>	13,714	Rp15.470.000
18	<i>Poor alignment spindle-WR1</i>	10,000	Rp15.470.000
19	<i>Poor alignment spindle-WR2</i>	9,333	Rp15.470.000
20	<i>Poor alignment spindle-WR3</i>	12,500	Rp15.470.000
21	<i>Poor alignment spindle-WR4</i>	12,750	Rp15.470.000
22	<i>Poor alignment spindle-WR5</i>	13,400	Rp15.470.000
23	Tensiometer mengalami aus	103,000	Rp15.470.000
24	<i>Flying Shear</i>	11,538	Rp15.470.000
25	<i>Recoiler Car TR#1</i> tidak dapat bergerak naik-turun	43,200	Rp15.470.000
26	<i>Recoiler Car TR#2</i> tidak dapat bergerak naik-turun	48,801	Rp15.470.000
27	<i>O-ring</i> tidak rata pada bidang	41,544	Rp15.470.000
28	<i>Hydraulic Bending</i> mengalami kebocoran	65,572	Rp15.470.000

Tabel 4. 31 *Production Loss* saat Aktivitas Perbaikan

No.	Mode Kegagalan Komponen Sub Sistem	MTTR (Menit)	Dampak Produksi Hilang Selama Perbaikan (Ton/menit)	Harga jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
1	<i>Coil Car</i> tidak dapat bergerak naik-turun	8,354	0,198	Rp7.800.000	Rp12.922.957
2	<i>Floor Plate</i> mengalami pembengkokan	56,400	0,198	Rp7.800.000	Rp87.250.800
3	<i>Mandrel</i> tidak dapat membuka-menutup	12,362	0,198	Rp7.800.000	Rp19.124.262
4	<i>Pinch Roll</i> mengalami keausan	23,618	0,198	Rp7.800.000	Rp36.536.458
5	<i>Strip Flattenner</i> tidak dapat menjepit	21,332	0,198	Rp7.800.000	Rp33.000.759
6	<i>Shear Back Pinch Roll</i> tidak dapat menjepit	27,750	0,198	Rp7.800.000	Rp42.929.064
7	<i>Clearance Crop Shear</i> tidak sesuai	17,500	0,198	Rp7.800.000	Rp27.072.345
8	Baut <i>Crop Shear</i> Patah	24,667	0,198	Rp7.800.000	Rp38.159.323
9	<i>Power</i> mengalami <i>tripped</i>	31,711	0,198	Rp7.800.000	Rp49.056.669
10	<i>Level passline Trimmer</i> terlalu rendah	19,014	0,198	Rp7.800.000	Rp29.414.380
11	<i>Clearance Rotary Shear</i> tidak sesuai	10,499	0,198	Rp7.800.000	Rp16.242.479
12	<i>Rotary Shear</i> kotor	34,500	0,198	Rp7.800.000	Rp53.371.129
13	<i>Bridle Roll 1</i> mengalami <i>tripped</i>	101,855	1,983	Rp7.800.000	Rp1.575.693.756
14	<i>Safety Pin</i> putus	126,000	1,983	Rp7.800.000	Rp1.949.220.000
15	<i>Steering</i> tidak sensitif	8,804	1,983	Rp7.800.000	Rp136.199.427
16	<i>Steering</i> tidak merespon	31,250	1,983	Rp7.800.000	Rp483.437.191
17	<i>Bridle Roll 2</i>	13,714	1,983	Rp7.800.000	Rp212.154.961
18	<i>Poor aligment spindle-WR1</i>	10,000	1,983	Rp7.800.000	Rp154.700.309
19	<i>Poor aligment spindle-WR2</i>	9,333	1,983	Rp7.800.000	Rp144.387.079
20	<i>Poor aligment spindle-WR3</i>	12,500	1,983	Rp7.800.000	Rp193.374.691
21	<i>Poor aligment spindle-WR4</i>	12,750	1,983	Rp7.800.000	Rp197.237.859
22	<i>Poor aligment spindle-WR5</i>	13,400	1,983	Rp7.800.000	Rp207.297.691

Tabel 4. 31 *Production Loss* saat Aktivitas Perbaikan

No.	Mode Kegagalan Komponen Sub Sistem	MTTR (Menit)	Dampak Produksi Hilang Selama Perbaikan (Ton/menit)	Harga jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
23	Tensiometer mengalami aus	103,000	1,983	Rp7.800.000	Rp1.593.413.094
24	<i>Flying Shear</i>	11,538	1,983	Rp7.800.000	Rp178.500.286
25	<i>Recoiler Car TR#1</i> tidak dapat bergerak naik-turun	43,200	1,983	Rp7.800.000	Rp668.304.000
26	<i>Recoiler Car TR#2</i> tidak dapat bergerak naik-turun	48,801	1,983	Rp7.800.000	Rp754.952.398
27	<i>O-ring</i> tidak rata pada bidang	41,544	1,983	Rp7.800.000	Rp642.688.774
28	<i>Hydraulic Bending</i> mengalami kebocoran	65,572	1,983	Rp7.800.000	Rp1.014.392.652

BAB V

ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Bab ini menjelaskan analisis dan interpretasi terhadap hasil pengolahan data pada bab sebelumnya. Analisis pada bagian ini terdiri dari Analisis Aliran Proses, Analisis FMEA, Analisis Aktivitas Perawatan Usulan dan Analisis Biaya.

5.1 Analisis Aliran Proses

Unit Produksi CTCM adalah unit produksi yang ada pada sistem produksi CRM yang berfungsi untuk mereduksi ketebalan strip baja *Hot Pickled Roll Coil* dengan ketebalan 1,8 mm – 6 mm menjadi produk yang sama dengan ketebalan 0,2 – 3 mm. Input bahan baku baja berupa *coil* akan dibongkar menjadi lembaran *strip coil* dengan sub sistem *Uncoiler*. Setelah terbuka menjadi lembaran *strip*, lembaran ditarik dan ditahan dengan *Pinch Roll* untuk diratakan permukaannya oleh *Strip Flattener*. Kemudian proses *strip* baja dipersiapkan dan ditahan oleh *Shear Back Pinch Roll* untuk dilanjutkan dengan proses pemotongan *head-end strip* dengan *Crop Shear*, sebelum proses pengelasan di *Welder Unit* untuk menyambungkan strip baja yang baru dengan yang sebelumnya agar proses berjalan secara kontinyu. Di dalam *Welder Unit* terdapat proses pemotongan tepi *strip* baja dengan *Rotary Shear* sebelum proses pengelasan agar kedua ujung *head-end* dan *tail-end* sama rata. Setelah menghubungkan *head-end* dengan *tail-end* dengan proses pengelasan, dilakukan proses penyerutan permukaan strip dengan *Trimmer*. Kemudian *strip* baja masuk pada wilayah *Looper* untuk direntangkan sebelum memasuki daerah *mill Stand 1* sampai dengan *Stand 5* untuk direduksi ketebalannya. Setelah direduksi, *strip* baja digulung kembali oleh *Recoiler* menjadi satu *coil* dan kemudian strip baja dipotong oleh *Flying Shear*.

Pada proses produksi Unit Produksi CTCM, ada yang bekerja secara seri dan ada yang bekerja secara paralel. Suatu jaringan sub sistem dikatakan seri jika terdapat dua atau lebih sub sistem yang berhubungan secara seri. Artinya jika salah satu dari sub komponen mengalami kegagalan, maka Unit Produksi CTCM gagal menjalankan fungsinya. Sementara sub komponen yang bekerja secara paralel berarti dua atau lebih sub sistem yang bersifat independen dihubungkan sehingga

apabila terjadi kegagalan pada salah satu sub sistem maka tidak menyebabkan sistem produksi Unit CTCM terganggu. Inti dari Unit Produksi CTCM adalah area *looper*, *mill* dan *exit*. Area *mill* memegang fungsi utama yaitu fungsi reduksi ketebalan dan *looper* memegang fungsi merentangkan strip sebagai penyangga *mill*. Sehingga pada saat daerah *entry* mengalami kegagalan fungsi, hal tersebut tidak akan mengganggu proses reduksi ketebalan *strip* baja. Peningkatan keandalan berdasarkan perhitungan jaringan keandalan pada saat dilakukan perawatan preventif eksisting dan perawatan dengan interval usulan adalah 41,19%.

5.2 Analisis FMEA

Analisis FMEA dilakukan berdasarkan pada panduan analisis RCM II *Information Worksheet* yang menjelaskan fungsi (*function*), kegagalan fungsi (*failure function*), penyebab kegagalan (*failure mode*) dan dampak kegagalan (*failure effect*). Analisis FMEA didasarkan pada analisis FMEA yang diusulkan oleh Moubray (1992). Tujuan dari analisis FMEA adalah untuk menunjukan hubungan dan perbedaan antara kondisi kegagalan dan kejadian penyebab kondisi kegagalan. Analisis fungsi dan kegagalan fungsi didasarkan pada operasi konteks peralatan, yang artinya identifikasi fungsi dan kegagalan fungsi sesuai dengan kondisi operasi yang didukung dengan standar-standar performansi fungsi yang ditetapkan oleh perusahaan. Sedangkan identifikasi mode kegagalan didasarkan pada mode-mode kegagalan yang sudah pernah terjadi dan potensi mode kegagalan yang mungkin terjadi. Berdasarkan hasil analisis kegagalan unit produksi CTCM pada tahun 2015 berikut ini adalah jenis mode kegagalan yang telah terjadi.

- 1) Kegagalan yang disebabkan oleh malfungsi komponen elektrik (*tripped*)

Kegagalan ini merupakan kegagalan tersembunyi sehingga perlu tindakan pencegahan berupa pengecekan berkala untuk memeriksa kondisi komponen dan pengecekan kondisi arus. Komponen-komponen yang mengalami mode kegagalan ini antara lain *Power Unit Welder*, *Bridle Roll 1* dan *Bridle Roll 2*. Kegagalan pada komponen tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada produk strip baja dan berhentinya proses produksi karena *mill* mengalami *shutdown*. Jenis perawatan yang tepat adalah *Failure*

Finding Interval, yaitu pengecekan komponen dan fungsi komponen yang bersifat tersembunyi secara berkala.

2) Kegagalan yang disebabkan oleh regulasi PC

Regulasi PC yang tidak akurat disebabkan oleh pergeseran parameter sehingga informasi yang diterima oleh aktuator (peralatan) menjadi kacau. Kegagalan ini dipicu oleh kondisi hubungan peralatan dan PC yang tidak sesuai karena terjadi pergeseran. Komponen-komponen yang mengalami mode kegagalan ini antara lain *Coil Car*, *Coil Car TR 1* dan *Coil Car TR 2*. Jenis perawatan yang tepat adalah *Schedule on Condition*, yaitu pengecekan komponen dalam interval setengah dari interval P-F (interval munculnya potensi kegagalan).

3) Kegagalan yang disebabkan oleh *miss-alignment*

Kegagalan penjajaran (*miss-alignment*) dapat menyebabkan gerak peralatan tersendat. Level adjustment yang tidak sesuai dapat menyebabkan bending loading disetiap gerak peralatan, sehingga menyebabkan *high cycle fatigue failure*. Komponen-komponen yang mengalami mode kegagalan ini antara lain *Detector Proximity*-aktuator dan *Spindle-WR*. Dampak dari mode kegagalan ini adalah kerusakan pada peralatan yang dapat menyebabkan terhentinya proses produksi di *mill*. Jenis perawatan yang tepat adalah *Schedule restoration*.

4) Kegagalan yang disebabkan oleh kotoran (*dirt*)

Kegagalan yang disebabkan oleh partikel dari luar (*dirt*) menyebabkan performansi komponen *Rotary Shear* tidak sesuai dengan standar. Degradasi performansi Rotary Shear dalam menjalankan fungsinya terlihat dari hasil potongan tepi *strip* baja yang tidak rapi (*scaling/bad shearing*). Jenis perawatan yang tepat adalah *Schedule restoration*.

5) Kegagalan yang disebabkan oleh keausan

Kegagalan yang disebabkan oleh keausan komponen terjadi karena adanya kontak langsung dengan *strip* baja dan beban gesekan antara *roll surface* dengan permukaan *strip* baja yang memiliki beban tarik. Komponen yang mengalami mode kegagalan tersebut adalah komponen *Pinch Roll* dan Tensiometer. Jenis perawatan yang tepat adalah *Schedule restoration*.

6) Kegagalan yang disebabkan karena kebocoran

Kegagalan yang disebabkan oleh kebocoran terjadi karena beberapa faktor, salah satu penyebab kebocoran adalah karena *seal* karet yang sudah rentan dan tidak rata pada bidangnya. Kegagalan ini terjadi pada *Servo*, *Work Roll Bending Stand* dan *O-Ring*. Dampak yang terjadi jika terjadi kebocoran adalah aktuator tidak mendapatkan daya untuk melakukan gerak. Jenis perawatan yang tepat adalah *Failure Finding Interval* dan untuk komponen *O-Ring* dilakukan penggantian komponen secara berkala.

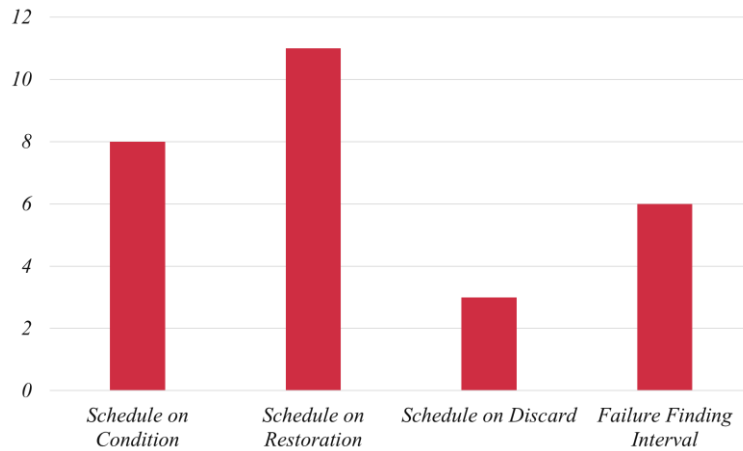
7) Kegagalan yang disebabkan oleh *miss-clearance*

Kegagalan *miss-clearance* adalah kegagalan yang terjadi pada saat clearance antara peralatan dengan *strip* baja tidak sesuai sehingga peralatan berhenti untuk berfungsi. Komponen-komponen yang mengalami mode kegagalan ini antara lain *Crop Shear (Clearance)*, *Rotary Shear (Clearance)*, *Trimmer (Passline)*, *Flying Shear (Clearance)*. Jenis perawatan yang tepat adalah *Schedule on Condition*, yaitu pengecekan komponen dalam interval setengah dari interval P-F (interval munculnya potensi kegagalan).

5.3 Analisis Aktivitas Perawatan Usulan

Berdasarkan hasil analisis FMEA dan evaluasi pada aspek *hidden*, *safety*, *enviroment* dan *operational*, telah dihasilkan aktivitas perawatan usulan untuk mengatasi setiap mode kegagalan yang menyebabkan kegagalan fungsi peralatan. Kategori aktivitas perawatan yang diusulkan terdiri dari *Proactive Tasks* dan *Default Action*. *Proactive Tasks* dilakukan untuk mencegah kegagalan, sedangkan *Default Action* dilakukan pada saat tidak ada aktivitas *Proactive Tasks* yang dapat dilakukan, mode kegagalan sulit untuk diidentifikasi atau pada saat keadaan unit produksi mengalami kegagalan.

Berdasarkan hasil identifikasi dan analisis data historis kerusakan unit produksi CTCM pada tahun 2015, terdapat duapuluh delapan jenis mode kegagalan. Masing-masing mode kegagalan dievaluasi dengan RCM II *Decision Diagram* untuk menentukan aktivitas perawatan yang tepat. Berikut ini adalah sebaran frekuensi mode kegagalan pada masing-masing jenis perawatan.



Gambar 5. 1 Frekuensi Sebaran Mode Kegagalan

Variabel penyebab kegagalan pada unit produksi CTCM bervariasi. Hal tersebut dapat ditunjukkan Gambar 5.1, dimana perbedaan variabel penyebab kegagalan akan membutuhkan jenis aktivitas perawatan yang berbeda pula untuk menanganinya. Terdapat delapan mode kegagalan yang dapat ditangani oleh *Schedule on Condition*, sebelas mode kegagalan yang dapat ditangani oleh *Schedule Restoration*, tiga mode kegagalan yang dapat ditangani oleh *Schedule Discard* dan enam mode kegagalan yang dapat ditangani oleh *Failure Finding Interval*.

5.3.1 *Schedule on Condition*

Schedule on Condition dilakukan pada komponen yang memiliki mode kegagalan yang bersifat tersembunyi (*hidden*) dan tidak memiliki konsekuensi secara langsung. Komponen sub sistem *Coil Car*, *Coil Car TR 1* dan *Coil Car TR2* memiliki mode kegagalan yang serupa yaitu *coil car* tidak dapat bergerak naik-turun, hal tersebut disebabkan karena getaran mesin sehingga *alignment* tidak sesuai standar. Serupa dengan *Strip Flattener*, *Rotary Shear* dan *Trimmer*, kegagalan *miss-clearance* disebabkan oleh getaran dan gesekan peralatan dengan *strip* baja. Pemeriksaan potensi kegagalan perlu dilakukan untuk menghindari dampak jika kegagalan tersebut terjadi. Usulan interval pengecekan kondisi adalah setengah dari interval P-F dengan mempertimbangkan MTTF dari komponen.

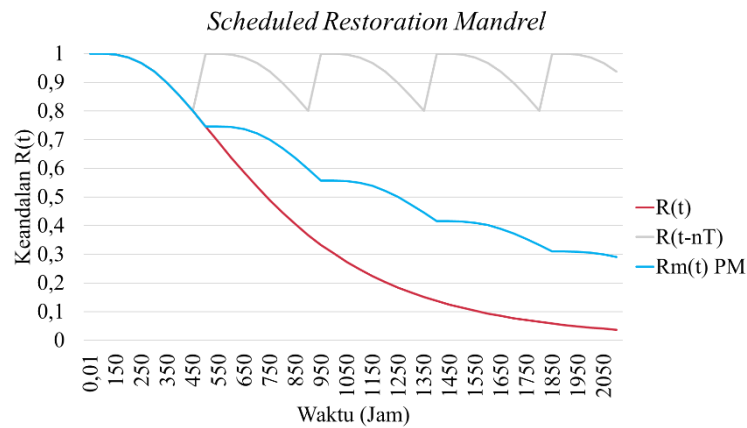
Aktivitas perawatan *Schedule on Condition* dapat juga dilakukan dengan pemasangan *device* sensor. Instalasi *device* sebagai bentuk upaya prediktif untuk

mengetahui kondisi (*on condition*) setiap waktu sehingga teknisi dapat mengantisipasi untuk melakukan *re-encoding* dan melakukan *re-alignment* sebelum kegagalan fungsi komponen sub sistem terjadi.

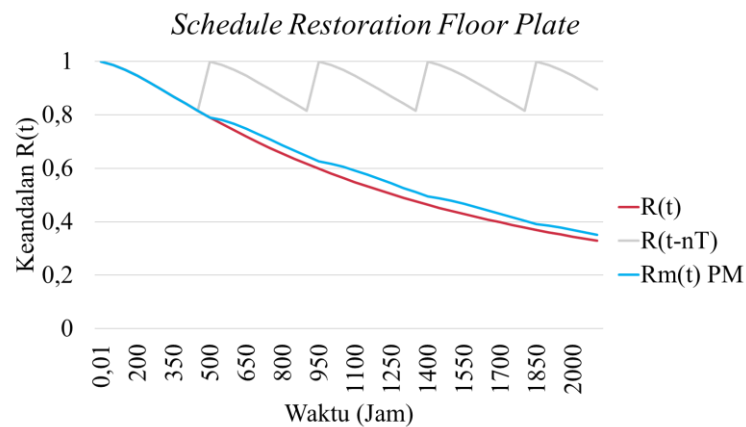
5.3.2 *Schedule Restoration*

Komponen sub sistem yang dalam menjalankan fungsinya memerlukan kontak langsung dengan produk, memiliki kecenderungan mengalami penurunan ketahanan terhadap tekanan (*stress*). Tekanan tersebut menyebabkan deteriorasi dengan cara menurunkan ketahanan komponen terhadap tekanan, sampai pada suatu titik, ketahanan terhadap tekanan turun dan berdampak pada performansi peralatan yang turun atau tidak dapat menjalankan fungsinya (*stress*). Kondisi *age-related-failure* yang diasosiasikan dengan *fatigue*, dialami oleh komponen sub sistem *Floor Plate*, *Mandrel*, *Pinch Roll*, *Spindle-WR*, Tensiometer dan *Stand Hydraulic*.

Floor Plate, *Mandrel* dan *Spindle-WR* adalah peralatan yang dalam menjalankan fungsinya berhubungan (kontak) secara langsung dengan *strip* baja. Mekanisme kerja *Floor Plate* dan *Mandrel* digerakan oleh gaya dari *Hydraulic System*, dimana penghubung antara peralatan dengan *Hydraulic System* adalah *Detector Proximity* (DP). Adanya getaran dan puntiran pada saat peralatan beroperasi menyebabkan terbentuknya jarak antara DP dengan aktuator (peralatan). Jarak antara DP dengan aktuator tersebut akan menyebabkan DP tidak dapat memberi tenaga kepada peralatan sehingga peralatan mengalami kegagalan fungsi. Aktivitas perawatan yang tepat untuk menangani mode kegagalan ini adalah *Schedule restoration*, dengan cara melakukan *re-alignment* hubungan antara DP dengan aktuator. Berikut ini contoh adalah hasil peningkatan keandalan pada *Mandrel* dan *Floor Plate* setelah dilakukan *re-alignment* hubungan antara DP dengan aktuator.

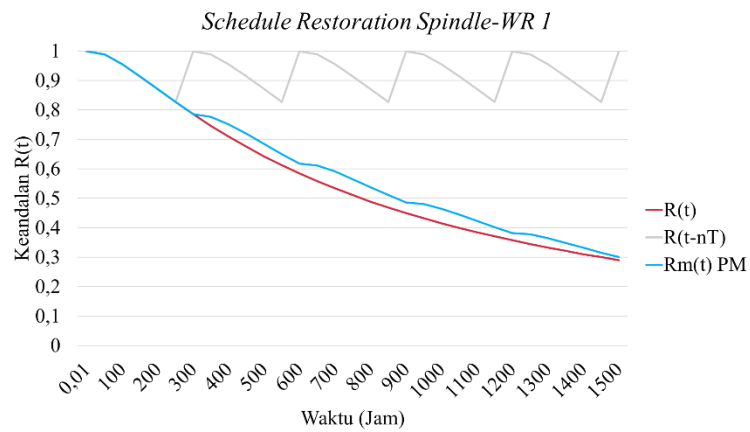


Gambar 5. 2 Keandalan *Mandrel* Setelah Optimasi

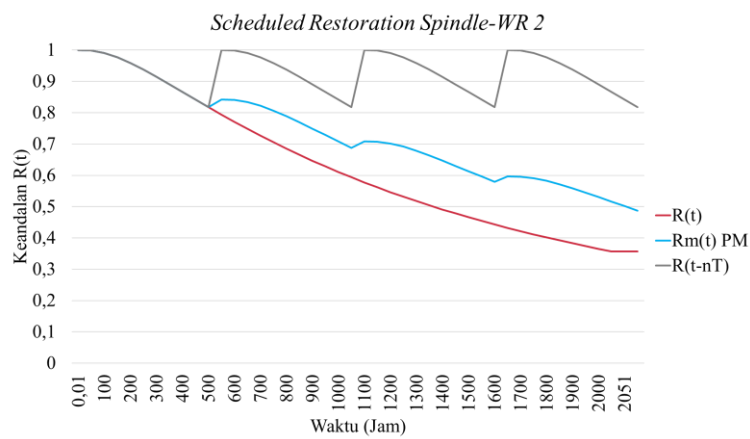


Gambar 5. 3 Keandalan *Floor Plate* Setelah Optimasi

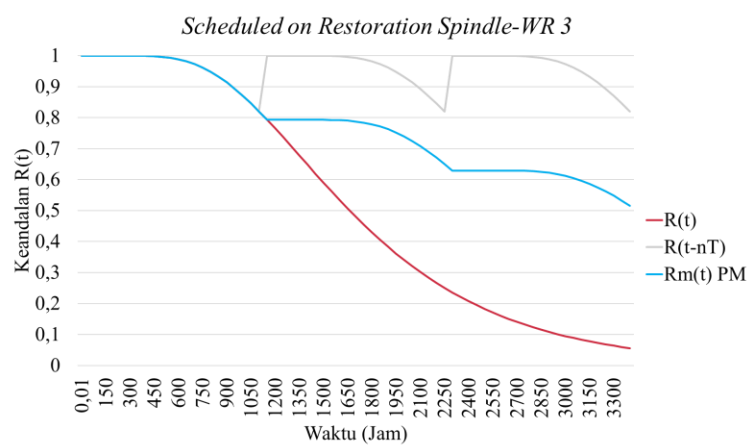
Berdasarkan Gambar 5.2 dan Gambar 5.3, interval perawatan *re-alignment* komponen *Mandrel* dan *Floor Plate* secara optimal dengan mempertimbangkan keandalan diatas 0,7 dilakukan pada besaran 500 jam. Keandalan *Mandrel* dan *Floor Plate* jika tidak dilakukan *re-alignment* ditunjukkan dengan grafik berwarna merah ($R(t)$), sedangkan keandalan *Mandrel* saat dilakukan pemulihan ditunjukkan dengan grafik berwarna biru ($R_m(t)PM$). Sama seperti *Mandrel* dan *Floor Plate*, cara eksekusi aktivitas pemeliharaan *Schedule restoration* untuk komponen *Spindle-WR* adalah dengan melakukan *re-alignment*. Berikut ini adalah grafik hasil optimasi keandalan dari *Spindle-WR Stand 1* sampai dengan *Stand 5*.



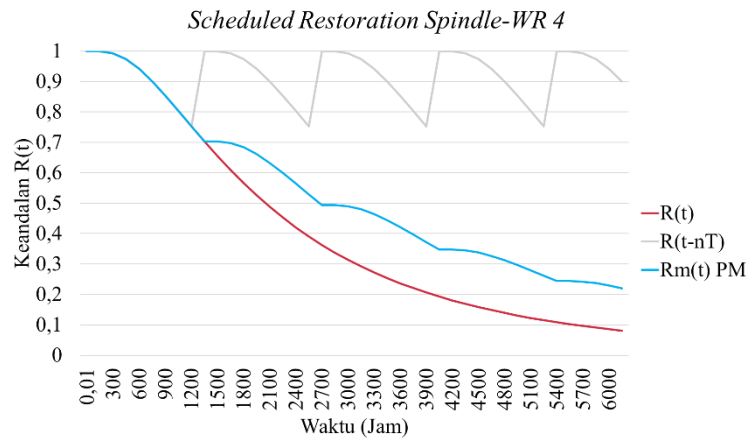
Gambar 5. 4 Keandalan *Spindle-WR 1* Setelah Optimasi



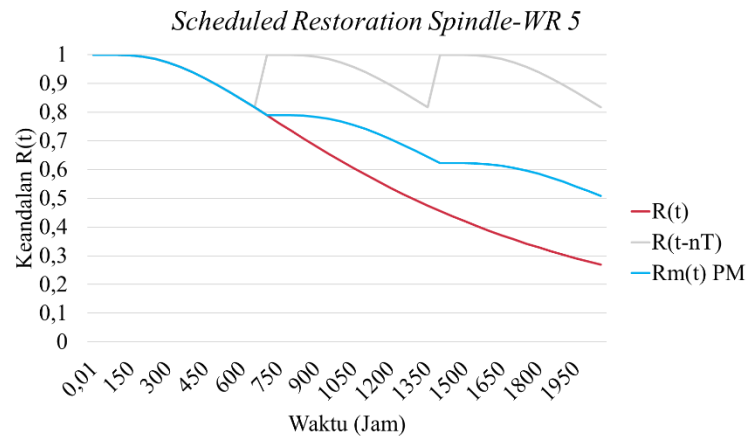
Gambar 5. 5 Keandalan *Spindle-WR 2* Setelah Optimasi



Gambar 5. 6 Keandalan *Spindle-WR 3* Setelah Optimasi



Gambar 5. 7 Keandalan *Spindle-WR 4* Setelah Optimasi



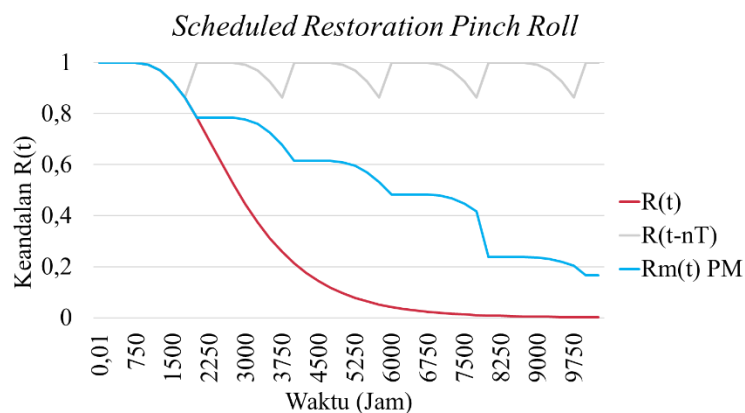
Gambar 5. 8 Keandalan *Spindle-WR 5* Setelah Optimasi

Hasil analisis optimasi keandalan pada *Spindle-WR* Stand 1 sampai dengan Stand 5 menunjukkan peningkatan keandalan yang digambarkan dengan grafik berwarna biru ($R_m(t)PM$). Interval perawatan yang dilakukan berbeda antara satu dengan yang lain. Hal tersebut disesuaikan dengan mempertimbangkan keandalan diatas 0,7. Untuk *Spindle-WR 1* interval 500 jam, *Spindle-WR 2* pada interval 550 jam, *Spindle-WR 3* interval 1150 jam, *Spindle-WR 4* interval 1350 jam dan *Spindle-WR 5* pada interval 700 jam. Aktivitas perawatan yang dilakukan untuk meningkatkan keandalan adalah dengan melakukan *re-alignment*.

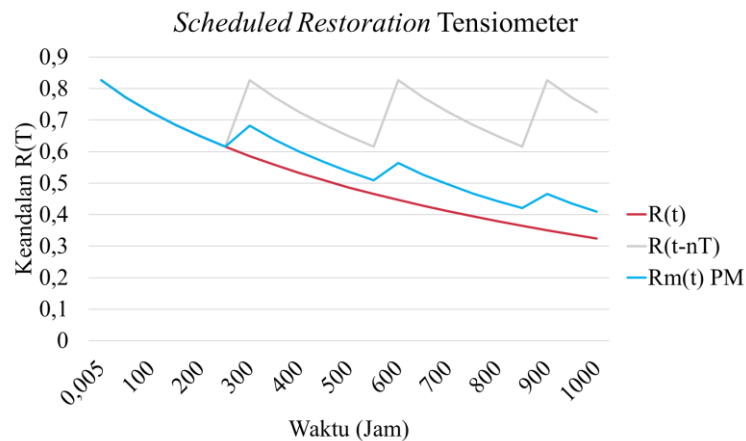
Serupa dengan komponen *Floor Plate*, *Mandrel* dan *Spindle-WR*, komponen *Pinch roll* dan Tensiometer juga harus melakukan kontak langsung

dengan *strip* baja dalam menjalankan fungsinya. Perbedaannya adalah, *Pinch roll* dan tensiometer mengalami beban gesekan antara *roll surface* dengan permukaan *strip* baja yang memiliki beban tarik. Timbulnya gesekan menyebabkan keausan. Keandalan *Pinch Roll* dan Tensiometer setelah optimasi ditunjukkan pada Gambar 5.9 dan Gambar 5.10.

Aktivitas perawatan *Schedule restoration* yang tepat untuk menangani keausan pada peralatan adalah dengan pemberian *greasing*. Berdasarkan Gambar 5.3 interval perawatan pemberian *greasing* pada komponen *Pinch Roll* secara optimal dengan mempertimbangkan keandalan diatas 0,7 dilakukan pada besaran 2250 jam. Berbeda dengan Tensiometer, pemberian *greasing* secara optimal dengan mempertimbangkan keandalan 0,5 yaitu pada besaran 300 jam. Keandalan *Pinch Roll* dan Tensiometer jika tidak diberi *grease* ditunjukkan dengan grafik berwarna merah ($R(t)$), sedangkan keandalan *Pinch Roll* saat diberi *grease* ditunjukkan dengan grafik berwarna biru ($R_m(t)PM$).

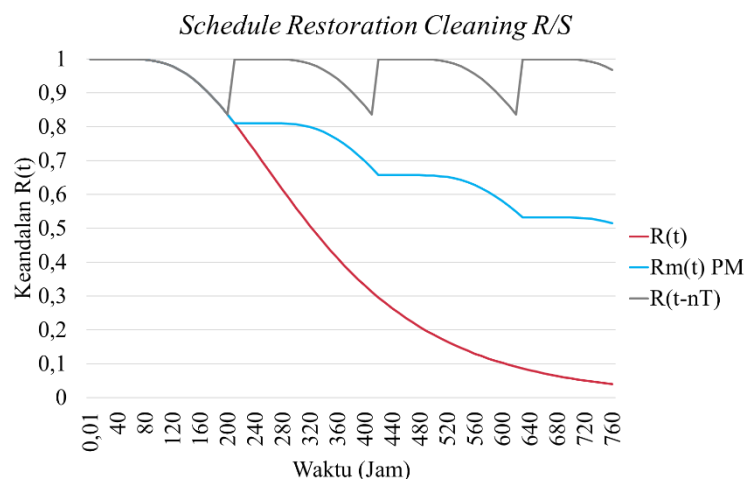


Gambar 5. 9 Keandalan *Pinch Roll* Setelah Optimasi



Gambar 5. 10 Keandalan Tensiometer Setelah Optimasi

Selain melakukan penjajaran ulang dan pemberian *grease*, aktivitas perawatan yang *Schedule restoration* juga diterapkan pada komponen *Rotary Shear* seperti yang ditampilkan pada Gambar 5.11. Kegagalan *bad-shearing* oleh *Rotary Shear*, disebabkan oleh kondisi *Rotary Shear* yang kotor (*dirt*). Mode kegagalan ini dapat diantisipasi dengan melakukan *Schedule restoration* yaitu dengan cara melakukan pembersihan (*cleaning*). Interval waktu untuk melakukan *cleaning* adalah setiap 210 jam. Pembersihan rutin berkala dilakukan untuk membersihkan *Rotary Shear* dari kotoran sisa proses pengelasan.



Gambar 5. 11 Keandalan *Rotary Shear* Setelah Optimasi

5.3.3 *Schedule on Discard*

Schedule on Discard, atau disebut juga penggantian komponen, dilakukan pada yang tidak dapat diperbaiki lagi jika komponen sudah mencapai titik usia pakainya. Penggantian komponen akan layak dilakukan jika penggantian untuk pencegahan terjadinya mode kegagalan lebih aman (*safety*) dan ekonomis jika harus menunggu komponen tersebut gagal. Hal tersebut yang mendasari komponen-komponen berikut ini yang harus diganti sebelum komponen tersebut mengalami kegagalan.

Komponen yang perlu dilakukan *Schedule on Discard* adalah komponen Baut *Crop Shear*, *Safety Pin* dan *O-ring* pada *Hydraulic System*. Baut *Crop Shear* harus diganti secara berkala untuk menghindari kerusakan *Crop Shear* dan *strip* baja jika Baut *Crop Shear* mengalami patah (*fracture*). *Safety Pin* harus diganti secara berkala untuk menjaga keamanan *looper* agar tidak membahayakan peralatan dan tenaga kerja. *O-ring* perlu untuk dilakukan pergantian berkala, agar tidak terjadi kegagalan fungsi pada *Hydraulic System* yang dapat menyebabkan dampak berhentinya proses produksi.

Penggantian komponen berkaitan dengan biaya tenaga kerja dan biaya komponen sehingga interval optimal untuk penggantian perlu untuk ditentukan agar tidak terjadi peningkatan biaya. Berdasarkan hasil perhitungan pada sub bab sebelumnya, berikut adalah hasil interval penggantian optimal komponen Baut *Crop Shear*, *Safety Pin* dan *O-Ring* yang dibandingkan dengan MTTF.

Tabel 5. 1 Perbandingan TM dengan MTTF

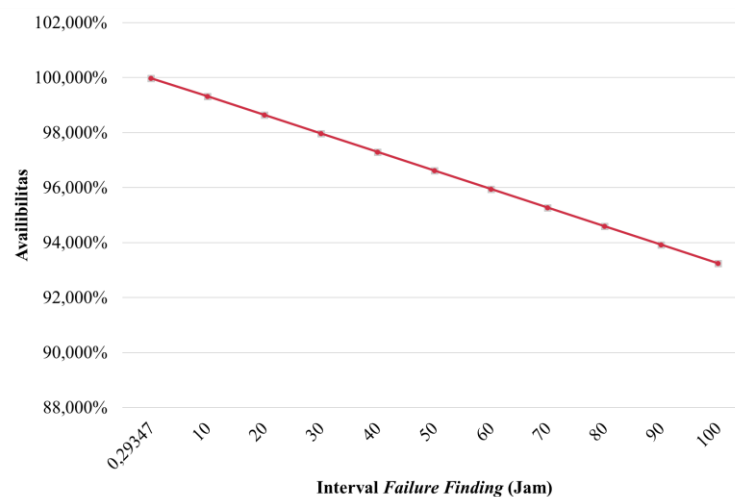
	TM (Jam)	MTTF (Jam)
Baut C/S	558,223	882,502
<i>Safety Pin</i>	96,740	123,446
<i>O-Ring</i>	1438,886	1831,34

Berdasarkan hasil perhitungan interval optimal penggantian komponen, nilai interval penggantian dibawah nilai MTTF yang artinya aktivitas penggantian layak untuk dilakukan.

5.3.4 Failure Finding Interval

Aktivitas perawatan *Failure Finding Interval* dilakukan jika tidak ada aktivitas perawatan proaktif yang dapat dilakukan untuk mereduksi kegagalan yang berkaitan dengan kegagalan tersembunyi. Kondisi tersebut dialami oleh komponen sub sistem *Servo Looper* (fungsi sensitivitas dan ketahanan terhadap kebocoran), *Bridle roll 1*, *Bridle roll 2*, *Power* pada *Welder Unit* dan *Shear Back Pinch Roll*. Aktivitas perawatan yang tepat untuk komponen *Servo* adalah pengecekan fungsi *Servo* untuk mengetahui sensitivitas dan kebocoran. Sedangkan pada unit *Power*, *Bridle roll 1*, *Bridle roll 2* dan *Shear Back Pinch Roll*, perlu dilakukan pengecekan pada fungsi elektriknya untuk menghindari kegagalan berupa *tripped* listrik.

Hasil interval *Failure Finding* setiap komponen dapat dihubungkan dengan tingkah ketersediaan (*availability*). Semakin pendek waktu interval *Failure Finding*, maka semakin tinggi tingkat ketersediaan dari komponen tersebut. Berikut ini adalah contoh hubungan keterkaitan antara interval *Failure Finding* dengan ketersediaan pada komponen.



Gambar 5. 12 Hubungan FFI Ketersediaan Komponen Servo (Jam)

Berdasarkan Gambar 5.12, ketersediaan berbanding terbalik dengan lama FFI. Ketersediaan sensitivitas *Servo* sebesar 0,9998 jika interval FF adalah 0,29 jam. Interval Failure Finding dari

5.4 Analisis Biaya

Analisis biaya dilakukan dengan cara membandingkan biaya perawatan PM kondisi eksisting dengan biaya perawatan usulan. Jangka waktu yang digunakan dalam perhitungan biaya aktivitas perawatan usulan adalah dalam jangka waktu satu tahun. Perhitungan biaya perawatan PM kondisi eksisting menggunakan TM selama 360 jam yang setara dengan jadwal perawatan preventif dua kali dalam satu bulan. Faktor penyusun biaya perawatan terdiri dari biaya tenaga kerja, biaya pergantian komponen dan biaya perawatan. Sesuai dengan kebijakan perusahaan, biaya tenaga kerja merupakan biaya yang bersifat tetap.

Perbedaan antara aktivitas perawatan PM eksisting dengan aktivitas perawatan usulan terletak pada interval pelaksanaan aktivitas perawatan. Interval aktivitas perawatan PM eksisting selama 360 jam untuk masing-masing komponen sub sistem menghasilkan frekuensi aktivitas perawatan yang sama pada setiap bulan. Interval aktivitas perawatan usulan didapatkan dari hasil perhitungan dan analisis keandalan yang didasarkan pada masing-masing mode kegagalan. Perbedaan interval aktivitas perawatan usulan menghasilkan frekuensi aktivitas perawatan untuk masing-masing komponen. Lama interval aktivitas perawatan usulan berbanding terbalik dengan frekuensi aktivitas perawatan. Semakin pendek interval aktivitas perawatan, maka frekuensi untuk melakukan aktivitas perawatan akan semakin bertambah. Sebaliknya, jika interval aktivitas perawatan semakin panjang, maka frekuensi untuk melakukan aktivitas perawatan akan semakin berkurang.

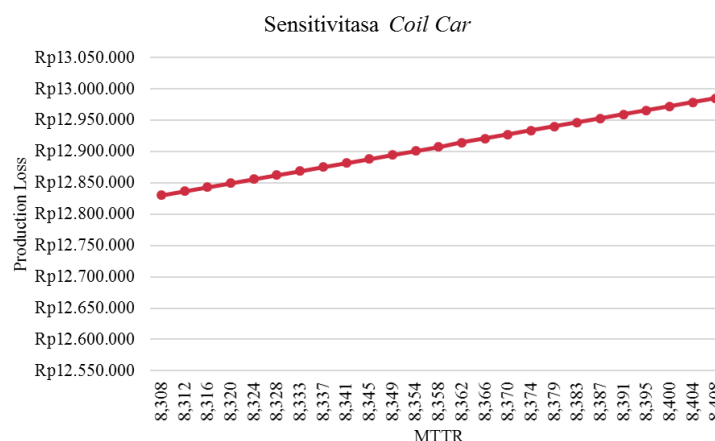
Berdasarkan hasil perhitungan biaya aktivitas perawatan PM eksisting pada Tabel 4.27, biaya yang dibutuhkan untuk aktivitas perawatan PM eksisting adalah Rp 4.375.315.908 dalam satu tahun sedangkan biaya untuk aktivitas perawatan usulan adalah Rp 4.367.892.310. Penurunan biaya perawatan dengan aktivitas perawatan usulan sebesar 0,17% atau setara dengan Rp 7.423.598. Dengan menerapkan aktivitas perawatan usulan, perusahaan dapat melakukan penghematan pada alokasi biaya perawatan sebesar Rp 9.384.242.307 ($\text{Rp } 13.752.134.617 - \text{Rp } 4.367.892.310 = \text{Rp } 9.384.242.307$) Meskipun terjadi penurunan biaya aktivitas perawatan, namun frekuensi dari aktivitas perawatan tidak menurun. Harapan dari

frekuensi dari aktivitas perawatan yang tidak menurun adalah penurunan dari frekuensi *breakdown time*.

5.5 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan MTTR terhadap *production loss* yang harus ditanggung oleh perusahaan karena perawatan apabila terjadi kerusakan pada komponen sub sistem Unit Produksi CTCM. Uji sensitivitas MTTR dilakukan terhadap seluruh MTTR komponen sub sistem Unit Produksi CTCM. Dari hasil uji sensitivitas didapatkan bahwa, MTTR berbanding lurus dengan *production loss*. Semakin panjang durasi perawatan (MTTR), maka semakin tinggi pula *production loss* yang harus ditanggung oleh perusahaan akibat aktivitas perawatan. Sebaliknya, semakin pendek durasi perawatan (MTTR), maka semakin rendah pula *production loss* yang harus ditanggung oleh perusahaan akibat dari aktivitas perawatan.

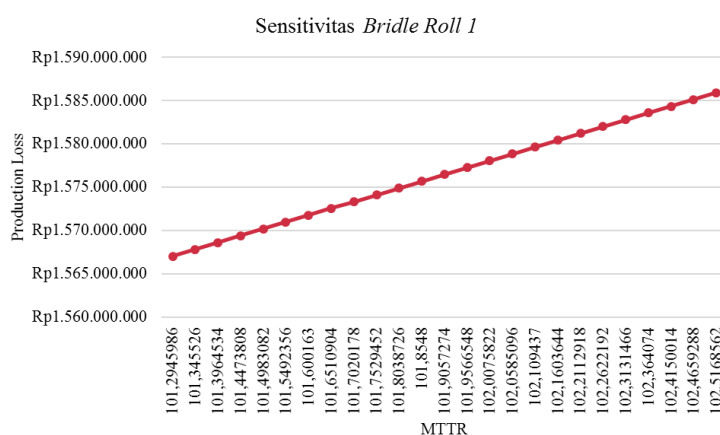
Hasil uji sensitivitas kemudian diplot pada grafik untuk mengetahui tingkat sensitivitas dari setiap variabel berdasarkan gradien (*slope*). Variabel yang memiliki nilai sensitivitas tertinggi adalah variabel yang memiliki nilai gradien terbesar. Berikut ini adalah grafik uji sensitivitas dari *Coil Car* dan *Bridle Roll 1*.



Gambar 5. 13 Uji Sensitivitas *Coil Car*

Nilai gradien dari hasil uji sensitivitas *Coil Car* adalah 1.544.400. Hal tersebut menyatakan bahwa setiap kenaikan MTTR selama satu menit, maka *production loss* yang akan ditanggung oleh perusahaan akan bertambah sebesar Rp

1.544.400. Sebaliknya, jika terjadi penurunan MTTR selama satu menit maka *production loss* yang ditanggung oleh perusahaan akan berkurang sebesar Rp 1.544.400. Komponen sub sistem yang memiliki nilai gradien sebesar 1.544.400 adalah *Coil Car, Floor Plate, Mandrel, Pinch Roll, Strip Flattener, Shear Back Pinch Roll, Crop Shear, Power Welder, Trimmer* dan *Rotary Shear*. Sedangkan pada Gambar 5.14 merupakan hasil uji sensitivitas komponen *Bridle Roll 1*, dengan nilai gradien sebesar 15.470.000.



Gambar 5. 14 Uji Sensitivitas *Bridle Roll 1*

Hal tersebut menyatakan bahwa setiap kenaikan MTTR selama satu menit, maka *production loss* yang akan ditanggung oleh perusahaan akan bertambah sebesar Rp 15.470.000. Sebaliknya, jika terjadi penurunan MTTR selama satu menit maka *production loss* yang ditanggung oleh perusahaan akan berkurang sebesar Rp 15.470.000. Komponen sub sistem yang memiliki nilai gradien sebesar 15.470.000 adalah *Bridle Roll 1, Safety Pin, Steering, Bridle Roll 2, Spindle-WR* pada *stand 1* sampai dengan *stand 5, Tensiometer, Flying Shear, Recoiler, O-ring* dan *Hydraulic Bending Stand*. Dari hasil tersebut, maka komponen sub sistem yang lebih sensitif, sub sistem di area *looper, mill* sampai dengan area *exit*, memerlukan aktivitas perawatan yang lebih efektif daripada sub sistem di area *entry*.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan hasil penarikan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan. Adapun isi dari kesimpulan adalah jawaban dari tujuan penelitian tugas akhir dan temuan-temuan baru yang didapatkan pada saat penelitian. Serta dicantumkan saran guna pengembangan yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Berdasarkan *functional block diagram* dan analisi FMEA dari Unit Produksi CTCM, didapatkan enambelas sub sistem yang dijadikan sebagai objek pengamatan dalam penelitian ini. Dari hasil data historis kegagalan Unit Produksi CTCM pada tahun 2015, terdapat dua puluh delapan mode kegagalan yang menjadi fokus dasar perhitungan dan analisis keandalan dan penentuan interval aktivitas perawatan. Sedangkan dari hasil analisis FMEA terdapat sembilan puluh mode kegagalan yang merupakan gabungan dari mode kegagalan yang pernah terjadi dan potensi kegagalan.
2. Terdapat delapan mode kegagalan yang dapat ditangani oleh *Schedule on Condition*, sebelas mode kegagalan yang dapat ditangani oleh *Schedule Restoration*, tiga mode kegagalan yang dapat ditangani oleh *Schedule Discard* dan enam mode kegagalan yang dapat ditangani oleh *Failure Finding Interval*.
3. Dari hasil analisis keandalan didapatkan interval optimal (TM) untuk merawat setiap komponen adalah *Coil Car* 160 jam, *Floor Plate* 500 jam, *Mandrel* 500 jam, *Pinch Roll* 2000 jam, *Strip Flattener* 100 jam, *Shear Back Pinch Roll* 183,04 jam, *Crop Shear* mode kegagalan baut patah dirawat setiap 558,223 jam, *Crop Shear* mode kegagalan *clearance* dirawat setiap 100 jam, *Power* setiap 305,84 jam, *Steering Entry* mode kegagalan tidak sensitif dirawat setiap 192,57 jam, *Steering Entry* dengan mode kegagalan kebocoran servo dirawat setiap 178,25 jam, *Bridle Roll 1* setiap 73,54 jam,

Bridle Roll 2 setiap 149,43 jam, *Shear Back Pinch Roll* setiap 183,04 jam, *Rotary Shear* dengan mode kegagalan akibat kotoran (*dirt*) setiap 210 jam, *Rotary Shear* dengan mode kegagalan *clearance* 100 jam, *Safety Pin* putus 96,74 jam, *Spindle-WR 1* dirawat setiap 300 jam, *Spindle-WR 2* setiap 550, *Spindle-WR 3* dirawat 1150 jam, *Spindle-WR 4* setiap 1350 jam, *Spindle-WR 5* dirawat setiap 700 jam, Tensiometer dirawat setiap 300 jam, *Flying Shear* dirawat setiap 50 jam, *Coil Car TR 1* dirawat setiap 985, *Coil Car TR 2* dirawat setiap 555, penggantian *O-Ring* setiap 1438,88 jam dan perawatan *Hydraulic Bending Stand* setiap 1500 jam.

4. Berdasarkan hasil analisis keuangan, biaya yang dibutuhkan untuk aktivitas perawatan PM eksisting adalah Rp 4.375.315.908 dalam satu tahun sedangkan biaya untuk aktivitas perawatan usulan adalah Rp 4.367.892.310. Penurunan biaya perawatan dengan aktivitas perawatan usulan sebesar 0,17% atau setara dengan Rp 7.423.598. Selain itu, terjadi kenaikan keandalan sistem, R_{sys} , sebesar 41,19% dengan menerapkan aktivitas perawatan usulan.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah melakukan penjadwalan berdasarkan hasil interval optimal dan nilai keandalan komponen serta memperhitungkan biaya total aktivitas perawatan beserta biaya manfaat yang didapat. Sedangkan saran untuk perusahaan adalah sebagai berikut.

1. Melakukan pencatatan data kegagalan komponen yang informatif dan lebih mendetail terutama untuk informasi mode kegagalan karena penanganan aktivitas perawatan yang tepat berdasarkan mode keagalannya.
2. Mempertimbangkan batas keandalan komponen dalam menentukan interval perawatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anityasari, M., Suef, M., Kurniati, N., & Prasetyawan, Y. (2011). *Materi Perkuliahan Pemeliharaan dan Teknik Keandalan*. Surabaya, Indonesia: Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Bevilacqua, M., & Braglia, M. (2000). The Analytic Hierarchy Process Applied to Maintenance Strategy Selection. *Reliability Engineering and System Safety*, 70, 71-83.
- Chandra, M. R. (2016). *Analisis Keandalan Pada 547 FN7 Finish Mill 2 Pabrik Tuban 1 PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk. Dengan Pendekatan Metode Reliability Centered Maintenance*. Surabaya: ITS Jurusan Teknik Mesin.
- Ebeling, C. E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. New York: The McGraw.
- Faccio, M., Persona, A., F.Sgarbossa, & Zannin, G. (2014). Industrial Maintenance Policy Development: A Quantitative Framework. *International Journal of Production Economics*, 14, 85-93.
- Fraser, K. (2014). Facilities Management the Strategic Selection of Maintenance System. *Journal of Facilities management*, 18-37.
- Harvard, T. (2000). Determination of a Cost Optimal, Predeterminend Maintenance Schedule.
- Jardine, A. K., & Tsang, A. H. (2013). *Maintenance, Replacement, and Reliability Theory and Applications*. New York: CRC PRes.
- Lewis, E. E. (1987). *Introduction to Reliability Engineering*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Marquez, C. (2007). *The Maintenance Management Framework Modules and Methods for Complex Systems Maintenance*. London: Springer Series in Reliability Engineering.
- Mayangsari, D. N. (2012). *Perancangan Proposed Maintenance Task Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance II (Studi Kasus: Sub System Waste Water Treatment di Pabrik Urea Kaltim-3)*. Surabaya: ITS Jurusan Teknik Industri.

- Moubray, J. (1992). Dalam *Reliability-centered Maintenance*. Oxford: Butterworth Heinemann.
- Moubray, J. (1997). *Reliability-centered Maintenance II*. New York: Industrial Press Inc.
- NASA. (1997). *Reliability-Centered Maintenance Guide For Facilities and Collateral Equipment*. Washington, D.C.: McGraw-Hill Companies Inc.
- Pratama, A. N. (2014). *Perancangan Aktivitas Pemeliharaan Dengan Reliability Centered Maintenance II (Studi Kasus: Unit 4 PLTU PT. PJB UP Gresik)*. Surabaya: ITS Jurusan Teknik Industri.
- Priyatna, D. (2000). *Keandalan dan Perawatan*. Surabaya: ITS Jurusan Teknik Sistem Perkapalan.
- Sofyan, A. (2008). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Stephens, M. P. (2004). *Productivity and Reliability-Based Maintenance Management*. New Jersey, United State of America: Pearson Prentice Hall.
- Sudrajat, A. (2011). *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*. Jakarta, Indoensia: Efika Aditama.
- Utomo., M., & Agustini, W. F. (2012). *Menentukan Keandalan Komponen Mesin Produksi pada Model Stress Strength yang Berdistribusi Gamma*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Yssaad, B., Khiat, M., & Chaker, A. (2013). Reliability Centered Maintenance Optimization for Power Distribution System. *Electrical Power and Energy Cystem*, 108-115.

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Malang pada tanggal 18 September 1994 dengan nama lengkap Leddy Claudia. Pendidikan formal yang telah ditempuh oleh penulis yaitu TK Rian Patal Lawang, SDK ST Fransiskus Lawang, SMPK Kolese ST Yusup II Malang dan SMAK Kolese ST Yusup Malang. Setelah menyelesaikan bangku SMA, penulis menjadi mahasiswa Departemen Teknik Industri ITS Surabaya. Selama menempuh pendidikan di bangku kuliah, penulis aktif mengikuti kegiatan kemahasiswaan dan aktif berorganisasi. Pada periode Juni 2014-Juni 2015, penulis menjadi staf Departemen Dalam Negeri BEM FTI-ITS dan pada periode Juni 2015 – Juni 2016, penulis diamanahi menjadi Kabiro Kemahasiswaan Departemen Dalam Negeri BEM FTI-ITS.

Selain aktif dalam kegiatan berorganisasi, penulis juga memiliki pengalaman dalam mengikuti pelatihan dan seminar seperti Pelatihan Media School 2.5 pada tahun 2014, Pelatihan *Autodesk Fusion 360 Basic Training* pada tahun 2015 dan Pelatihan *Design for Manufacturing Assembly* pada tahun 2016. Penulis juga memiliki pengalaman Kerja Praktik Industri PT KRAKATAU STEEL (Persero) Tbk pada tahun 2016.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN 1: *Reliability Centered Maintenance II Information Worksheet*

Berikut ini adalah lampiran dari analisis FMEA *Reliability Centered Maintenance II Information Worksheet*.

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		
	1	Sub-System: Uncoiler	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
Mengumpankan <i>coil</i> dari <i>conveyor car</i> ke <i>uncoiler</i> dan Membongkar <i>coil</i> menjadi <i>strip</i> dengan sistem kerja mandrel yang berputar terbalik	A	Entry <i>coil car</i> tidak bisa mengumpankan <i>coil</i> ke <i>uncoiler</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total failure</i>) pada fungsi primer <i>entry coil car</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena <i>entry coil car</i> tidak berfungsi sepenuhnya.	1	Kegagalan sistem <i>hydraulic</i> . Sistem <i>hydraulic</i> dianalisis secara terpisah.	Penyebab (<i>cause</i>) dan dampak (<i>effect</i>) dari kegagalan sistem <i>hydraulic</i> dianalisis secara terpisah.
			2	Kegagalan pengiriman sinyal PC.	Penyebab dari kegagalan <i>coil car</i> tidak bisa naik/turun untuk mengumpan <i>coil</i> karena ada kegagalan pada PC untuk mengirimkan sinyal perintah ke aktuator. Langkah yang dilakukan untuk menyalurkan sinyal kembali kepada aktuator adala dengan mereset PC.
			3	<i>Floor plate</i> mangalami pembengkokan.	Penyebab dari kegagalan <i>floor plate</i> adalah kegagalan <i>Detector Proximity</i> . Penyebab dari kegagalan DP adalah karena ada jarak antara DP dengan aktuator atau <i>contact control point</i> . Adanya

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		
	1	Sub-System: Uncoiler	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
					jarak disebabkan oleh pergereseran akibat getaran atau puntiran pada kerja mesin.
.	B	Mandrel tidak bisa <i>expand/collapse</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total failure</i>) pada fungsi primer <i>uncoiler</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena <i>mandrel</i> tidak berfungsi sepenuhnya.	1	Kegagalan dari <i>Detector Proximity</i> (DP) pada sistem <i>Hydraulic</i> , dimana DP tidak dapat <i>energize</i> .	Penyebab dari kegagalan DP adalah karena ada jarak antara DP dengan aktuator atau <i>contact control point</i> . Adanya jarak disebabkan oleh pergereseran akibat getaran atau puntiran pada kerja mesin. Oleh karena itu perlu dilakukan <i>adjustment</i> sebelum terjadi kegagalan <i>unenergize</i> . Jika <i>breakdown</i> melebihi satu siklus maka dapat memberhentikan proses produksi unit CTCM.
	C	Mandrel tidak bisa berputar. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total failure</i>) pada fungsi primer <i>uncoiler</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena <i>mandrel</i> tidak berfungsi sepenuhnya.	1	Motor <i>drive</i> terbakar karena <i>overheating</i> . Motor drive <i>overheating</i> disebabkan oleh kondisi <i>overload</i> secara terus-menerus.	Terbakarnya <i>motor drive</i> disebabkan oleh tingginya suhu pada <i>motor drive</i> akibat dari kurangnya lubrikasi. Dampak dari terbakarnya <i>motor drive</i> adalah terhentinya proses produksi untuk menangani pergantian motor <i>drive</i> .

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		
	2	Sub-System: Pinch roll	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
Melakukan persiapan (<i>prepare</i>) dengan menjepit dan mengarahkan (<i>drive</i>) pada <i>head-end strip</i> sebelum <i>head-end strip</i> memasuki <i>flattener</i> .	A	<i>Pinch roll</i> tidak dapat menjepit dan mengarahkan <i>strip</i> baja. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total failure</i>) pada fungsi primer <i>pinch roll</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena <i>pinch roll</i> tidak berfungsi sepenuhnya.	1	<i>Pinch Roll</i> mengalami keausan	Penyebab <i>pinch roll</i> mengalami keausan karena adanya beban gesekan antara <i>roll surface</i> dengan permukaan <i>strip</i> yang memiliki beban tarik. Dampaknya adalah <i>pinch roll</i> tidak dapat menarik head end <i>strip</i> untuk diproses sehingga proses produksi unit CTCM terhenti.

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		
	3	Sub-System: Strip flattener	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
Meratakan <i>strip</i> , terutama <i>head-end</i> dan <i>tail-end</i> agar permukaan keduanya rata sebelum dipotong.	A	<i>Strip flattner</i> tidak dapat menjepit <i>strip</i> baja. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total failure</i>) pada fungsi primer <i>strip flattener</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total	1	Kegagalan sistem <i>hydraulic</i> . Sistem <i>hydraulic</i> dianalisis secara terpisah.	Penyebab (<i>cause</i>) dan dampak (<i>effect</i>) dari keagalam sistem <i>hydraulic</i> dianalisis secara terpisah.
			2	<i>Roll</i> mengalami aus.	<i>Roll</i> mengalami keausan disebabkan oleh kerja <i>roll</i> yang terus berputar dan bergesekan sehingga bagian <i>roll</i> termakan (aus). Kegagalan dari <i>roll</i>

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		
	3	Sub-System: Strip flattener	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
		karena <i>strip flattener</i> tidak berfungsi sepenuhnya.			yang mengalami keausan adalah jenis kegagalan <i>worn-out</i> .
			3	<i>Setting gap</i> tidak sesuai dengan tebal <i>strip</i> baja.	<i>Setting gap</i> yang tidak sesuai dengan <i>strip</i> baja adala bentuk mode kegagalan dari <i>falling capacity</i> yang disebabkan oleh <i>human error</i> saat menginput parameter atau karena getaran mesin. Dampak dari kegagalan <i>setting gap</i> adalah <i>strip</i> baja tidak dapat ditahan (lolos). <i>Breakdown</i> unit produksi CTCM karena proses <i>flattening</i> yang tidak dapat berjalan.

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		
	4	Sub-System: Shear Back Pinch Roll	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
Memegang dan menahan <i>strip</i> baja saat proses pemotongan		<i>Shear Back Pinch Roll</i> tidak dapat memegang dan menahan <i>strip</i> baja pada saat proses pemotongan <i>head-end strip</i> .	1	<i>Shear back pinch roll</i> tidak dapat menutup (<i>close</i>)	<i>Shear back pinch roll</i> tidak dapat menutup (<i>close</i>) disebabkan oleh tidak adanya <i>supply plant air</i> ke <i>shear back pinch roll</i> . Penyesuaian

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		
	4	Sub-System: Shear Back Pinch Roll	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
head-end strip oleh crop shear.					(adjustment) clearance wear plate dengan guide shear perlu dilakukan secara berkala untuk menjaga agar ada supply plant air ke shear back pinch.

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		
	5	Sub-System: Crop shear	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
Memotong <i>head-end</i> dan <i>tail-end</i>	A	Shear tidak bisa memotong <i>strip</i> baja. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total failure</i>) pada fungsi primer <i>shear</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena <i>shear</i> tidak berfungsi sepenuhnya.	1	Kegagalan sistem <i>hydraulic</i> . Sistem <i>hydraulic</i> dianalisis secara terpisah.	Penyebab (<i>cause</i>) dan dampak (<i>effect</i>) dari keagalam sistem <i>hydraulic</i> dianalisis secara terpisah.
			2	Baut <i>crop shear</i> patah	Baut <i>crop shear</i> mengalami <i>worn-out</i> karena <i>faliing capacity</i> berupa deteriorasi. Dampak yang timbul akibat baut <i>crop shear</i> yang patah adalah berhentinya unit produksi CTCM (<i>breakdown</i>) untuk penggantian baut <i>crop shear</i> .

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		
	5	Sub-System: Crop shear	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
			3	Level <i>adjustment setting gap</i> yang tidak sesuai dengan standar. (<i>clearance</i> tidak sesuai dengan standar <i>adjustment</i>)	Proses memotong <i>head-end</i> dan <i>tail-end</i> dari <i>strip</i> baja tidak dapat berjalan jika gap antara <i>crop shear</i> dengan <i>strip</i> baja tidak tepat. Pengaturan <i>level adjustment setting gap</i> merupakan bentuk modus <i>falling capacity</i> yang disebabkan oleh <i>human error</i> . Proses pemotongan dengan gap yang tidak tepat dapat menyebabkan deformasi pada <i>strip</i> baja.
	B	Hasil potongan <i>strip</i> baja tidak sesuai dengan standar produk. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi parsial (<i>partial failure</i>) pada fungsi primer <i>shear</i> . Kegagalan ini termasuk pada kegagalan fungsi parsial karena <i>shear</i> masih dapat berfungsi namun performansi fungsi diluar standar yang ditentukan.	1	<i>Crop shear</i> tidak tajam (<i>worn out</i>).	Penurunan performansi (<i>worn out</i>) <i>crop shear</i> dalam memotong merupakan bentuk mode kegagalan deteriorasi. Dampak yang timbul akibat dari <i>worn-out</i> peralatan <i>crop shear</i> adalah berhentinya unit produksi CTCM (<i>breakdown</i>) untuk penggantian <i>crop shear</i> . Estimasi lama waktu yang dibutuhkan untuk penggantian <i>crop shear</i> adalah sekitar enam puluh menit.

RCM II INFORMATION WORKSHEET		System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
		6	Sub-System: Welder Unit	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
1	Menyambung <i>head-end</i> dengan <i>tail-end</i> dengan proses <i>flash butt welding</i>	A	Proses pengapian pengelasan tidak berjalan. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total failure</i>) pada fungsi primer <i>welder</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena <i>welder unit</i> tidak berfungsi sepenuhnya.	1	<i>Power</i> mengalami <i>tripped</i> .	Kerusakan saluran listrik disebabkan oleh adanya <i>malfunction</i> pada saluran listrik. Akibat dari adanya <i>malfunction</i> tersebut adalah terjadinya <i>breakdown</i> pada unit produksi CTCM karen power untuk unit produksi CTCM mengalami <i>tripped</i> .
		B	<i>Clamping move</i> dan <i>fix</i> tidak dapat menjepit/menahan <i>strip</i> baja dengan kuat. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi parsial (<i>partial failure</i>) pada fungsi sekunder <i>welder unit</i> . Kegagalan ini termasuk pada kegagalan fungsi parsial karena <i>clamping</i> masih dapat berfungsi namun performansi untuk menahan <i>strip</i> baja diluar standar yang ditentukan.	1	Kegagalan sistem <i>hydraulic welder unit</i> . Sistem <i>hydraulic welder unit</i> dianalisis secara terpisah.	Penyebab (<i>cause</i>) dan dampak (<i>effect</i>) dari kegagalan sistem <i>hydraulic welder unit</i> dianalisis secara terpisah.
2	<i>Rotary shear</i> berfungsi untuk memotong tepi <i>strip</i> baja.	A	Proses pemotongan (<i>shearing</i>) sisi <i>strip</i> yang tidak rapi (<i>scaling</i>)/ (<i>badshearing</i>). Kegagalan fungsi ini	1	<i>Rotary Shear knife</i> kotor.	Terdapat kotoran (<i>dirt</i>) yang menempel pada area <i>rotary shear</i> . Kotoran dapat berasal dari sisa proses

RCM II INFORMATION WORKSHEET		System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia	Date:
		6	Sub-System: Welder Unit	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam	
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE	FAILURE EFFECT
			merupakan kegagalan fungsi parsial (<i>partial failure</i>) pada fungsi sekunder <i>welder unit</i> . Kegagalan ini termasuk pada kegagalan fungsi parsial karena <i>rotary shear</i> masih dapat berfungsi namun performansi untuk menahan <i>strip</i> baja diluar standar yang ditentukan.		<i>welding</i> atau debu di udara. Dampak yang timbul akibat <i>shear</i> yang kotor adalah hasil potongan sisi <i>strip</i> yang tidak sesuai. Hasil potongan yang tidak sesuai ini dapat menjadi potensi <i>defect</i> pada <i>strip</i> (salah satunya akibat deformasi). Kondisi <i>shear</i> harus diperiksa dan dibersihkan memastikan <i>shear</i> dalam kondisi baik, sehingga tidak ada potensi <i>defect</i> pada sisi <i>strip</i> .
		B	<i>Rotary shear</i> tidak bisa memotong tepi ujung <i>strip</i> baja. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total failure</i>) pada fungsi sekunder <i>welder unit</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena <i>rotary shear</i> tidak berfungsi sepenuhnya.	1	<i>Level adjustment rotary shear</i> yang tidak sesuai dengan standar. (<i>clearance</i> tidak sesuai dengan standar <i>adjustment</i>)

RCM II INFORMATION WORKSHEET		System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
		6	Sub-System: Welder Unit	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
3	Trimmer berfungsi untuk meratakan permukaan <i>strip</i> baja setelah proses <i>welding</i> .	A	Hasil proses penghalusan permukaan (<i>trimming</i>) hasil sambungan pengelasan tidak sesuai. Kegagalan ini termasuk pada kegagalan fungsi parsial karena <i>trimmer</i> masih dapat berfungsi namun performansi untuk menyerut permukaan <i>strip</i> baja diluar standar yang ditentukan	1	Trimmer tumpul (<i>worn-out</i>)	Trimmer mengalami <i>worn-out</i> karena <i>faliing capacity</i> berupa deteriorasi. Dampak yang timbul akibat <i>trimmer</i> yang tidak tajam adalah permukaan <i>strip</i> baja yang tidak halus. Sisa kotoran (<i>dirt</i>) dari proses <i>welding</i> menempel pada <i>strip</i> baja. Adanya kotoran ini dapat membuat proses pengelasan tidak lancar.
		B	Trimmer tidak dapat menyerut. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total failure</i>) pada fungsi sekunder <i>welder unit</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena <i>trimmer</i> tidak berfungsi sepenuhnya.	1	Level <i>adjustment trimmer</i> yang tidak sesuai dengan standar. (<i>clearance</i> tidak sesuai dengan standar <i>adjustment</i>)	Pengaturan <i>level adjustment setting gap</i> merupakan bentuk mode kegagalan dari <i>falling capacity</i> yang disebabkan oleh <i>human error</i> atau pergeseran akibat getaran saat peralatan beroperasi. <i>Level adjustment trimmer</i> yang tidak sesuai menyebabkan adanya gap yang tidak sesuai standar sehingga proses <i>trimming</i> tidak dapat berjalan. Proses penyerutan dengan gap yang tidak tepat dapat menyebabkan proses pengelasan tidak lancar, <i>strip</i> tidak

RCM II INFORMATION WORKSHEET		System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
		6	Sub-System: Welder Unit	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
						dapat berjalan karena permukaan yang belum rata akibat sisa pengelasan.

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	7	Bridle Roll	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
Menghilangkan tegangan (<i>stress</i>) <i>strip</i> baja agar <i>strip</i> baja tidak patah saat berada di <i>looper</i> dan mengurangi kecepatan dari <i>strip</i> baja pada saat proses pengerolan <i>strip</i> baja yang pertama hampir selesai.	A	<i>Bridle roll</i> tidak dapat mengatur kecepatan dan tegangan dari rentangan <i>strip</i> baja. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total failure</i>) pada fungsi primer dari <i>bridle roll</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena <i>bridle roll</i> tidak berfungsi sepenuhnya.	1	<i>Bridle roll</i> 1 mengalami <i>tripped</i> .	<i>Bridle roll</i> 1 mengalami <i>tripped</i> dapat disebabkan oleh <i>over load tension</i> atau kegagalan elektik. Mode kegagalan ini dapat menyebabkan <i>strip break</i> dan <i>mill stop</i> (unit produksi CTCM berhenti beroperasi)
			2	<i>Bridle roll</i> 2 mengalami <i>tripped</i> .	<i>Bridle roll</i> 2 mengalami <i>tripped</i> dapat disebabkan oleh <i>over load tension</i>

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	7	Bridle Roll	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
					atau kegagalan elektik. Mode kegagalan ini dapat menyebabkan <i>strip break</i> dan <i>mill stop</i> (unit produksi CTCM berhenti beroperasi)

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	8	Sub-System: Looper	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
Looper berfungsi untuk menyimpan <i>strip</i> dengan cara merentangkan <i>strip</i> sehingga memunculkan kesempatan untuk proses <i>rolling</i> pada saat wilayah <i>entry</i> berhenti memasukan <i>strip</i> karena proses pengelasan. Selain itu <i>looper</i> mempunyai fungsi sekunder untuk mengatur, memposisikan dan	A	<i>Strip</i> baja menabrak pembatas disebabkan oleh kecepatan <i>looper</i> yang tinggi sehingga <i>mill</i> berhenti (<i>overstroke</i>). Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi parsial (<i>partial failure</i>) pada fungsi primer <i>looper</i> . Kegagalan ini termasuk pada kegagalan fungsi parsial karena <i>looper</i> masih dapat berfungsi namun performansi kecepatan untuk merentangkan <i>strip</i>	1	Kegagalan sensor karena <i>switch</i> kotor.	<i>Switch</i> dipengaruhi kecepatan proses <i>welding</i> , jika sedang terjadi proses <i>welding</i> maka kecepatan <i>looper</i> dikurangi dan sebaliknya. Jika <i>switch</i> kotor maka sensor tidak dapat mendeteksi sinyal pergerakan <i>looper</i> car.
			2	<i>Safety Pin</i> putus	<i>Safety pin</i> berfungsi untuk menjaga <i>looper</i> agar aman tidak membahayakan peralatan dan tenaga kerja saat <i>looper</i> beroperasi. <i>Safety pin</i> mengalami <i>worn-out</i> karena

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	8	Sub-System: Looper	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
menjamin <i>strip</i> baja supaya <i>strip</i> baja tetap pada sumbunya terhadap lebar.		baja di atas standar yang ditentukan.			<i>faliing capacity</i> berupa deteriorasi. Kerusakan <i>safety pin</i> dapat memberikan dampak terhentinya proses <i>rolling</i> CTCM jika waktu perbaikannya melebihi siklus. Namun kerusakan <i>safety pin</i> masih dapat ditoleransi jika kerusakan masih prematur (tidak membahayakan peralatan dan tenaga kerja)
	B	Tidak ada <i>strip</i> baja pada wilayah <i>mill</i> disebabkan oleh kecepatan <i>looper</i> yang rendah sehingga <i>mill</i> berhenti (<i>understroke</i>). Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi parsial (<i>partial failure</i>) pada fungsi primer <i>looper</i> . Kegagalan ini termasuk pada kegagalan fungsi parsial karena <i>looper</i> masih dapat berfungsi namun performansi kecepatan untuk merentangkan <i>strip</i> baja di bawah standar yang ditentukan.	1	Kegagalan sensor karena <i>switch</i> kotor.	<i>Switch</i> dipengaruhi kecepatan proses <i>welding</i> , jika sedang terjadi proses <i>welding</i> maka kecepatan <i>looper</i> dikurangi dan sebaliknya. Jika <i>switch</i> kotor maka sensor tidak dapat mendeteksi sinyal pergerakan <i>looper</i> car.

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	8	Sub-System: Looper	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
	C	Entry steering roll tidak dapat memposisikan strip pada centerline looper dengan servo hydraulic. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (total failure) pada fungsi sekunder looper. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena entry steering roll tidak berfungsi sepenuhnya.	1	Unsesitive/blocking pada servo.	Servo adalah aktuator rotari yang dikontrol secara presisi dari posisi sudut, kecepatan dan percepatan. Unsesitive/blocking terjadi karena terdapat kotoran (dirt) yang menempel pada servo. Dampak yang timbul dari mode kegagalan ini adalah entry steering roll tidak dapat memposisikan strip pada centerline.
	D	Steering roll tidak merespon. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (total failure) pada fungsi sekunder looper. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena steering roll tidak berfungsi sepenuhnya untuk memposisikan dan menjamin strip baja terhadap sumbu.	1	Kebocoran pada servo	Servo adalah aktuator rotari yang dikontrol secara presisi dari posisi sudut, kecepatan dan percepatan. Kebocoran pada servo meyebabkan oleh seal karet pada servo yang rentan. Seal karet mengalami worn-out karena faliing capacity berupa deteriorasi. Dampak yang timbul dari mode kerusakan ini adalah steering roll tidak dapat memposisikan strip baja.

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	9	Sub-System: Stand Mill #1 Driving Reducer	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
Mereduksi ketebalan dari strip baja. Entry speed pada stand mill #1 adalah 340/870 turns/min dengan output speed sebesar 166.38/425.74 turns/min	A	Motor drive menghasilkan daya kurang dari 5,700 kw atau tidak menghasilkan daya sama sekali (mati). Sehingga stand mill #1 mati karena kehilangan daya.	1	Listrik mengalami tripped disebabkan oleh beban rolling yang terlalu berat.	Dampak dari listrik motor drive mengalami tripped adalah trafo stand mill mati. Akibatnya proses produksi terhenti. Untuk menjalankan proses produksi kembali dilakukan penanganan pada trafo listrik dan penyesuaian kembali beban rolling di masing-masing stand.
			2	Motor drive terbakar karena overheating. Motor drive overheating disebabkan oleh kondisi overload secara terus-menerus.	Terbakarnya motor drive disebabkan oleh tingginya suhu pada motor drive akibat dari kurangnya lubrikasi. Dampak dari terbakarnya motor drive adalah terhentinya proses produksi untuk menangani pergantian motor drive.
			3	Kebocoran pada hose/pipa hydraulic	Penyebab (cause) dan dampak (effect) dari keagalam sistem hydraulic dianalisis secara terpisah.
	B	Spindle retak atau pecah. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (total	1	Kegagalan lubrikasi	Kegagalan lubrikasi termasuk dalam kategori mode kegagalan failing capacity. Sistem lubrikasi pada

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	9	Sub-System: Stand Mill #1 Driving Reducer	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
		<i>failure</i>) pada fungsi primer <i>spindle</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena <i>roll bending</i> tidak dapat berfungsi secara total saat komponen transmisi mengalami kegagalan.			<i>gearbox</i> adalah sistem yang sudah terinstal secara terpusat. Kegagalan lubrikasi disebabkan oleh malfungsi pada sistem lubrikasi atau <i>lubricant</i> yang sudah tidak sesuai dengan standar. Dampak yang timbul dari kegagalan lubrikasi adalah kerusakan <i>spindle</i> yang dapat menyebabkan terhentinya proses produksi.
	C	<i>Work roll</i> tersendat. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total failure</i>) pada fungsi primer <i>work roll</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena <i>work roll</i> tidak dapat berfungsi secara total saat komponen transmisi mengalami kegagalan.	1	Kegagalan pemasangan/penjajaran (<i>alignment</i>) antara <i>work roll</i> dengan <i>spindle</i> .	<i>Spindle</i> adalah komponen untuk mentransmisikan daya dari motor menuju <i>work roll</i> . <i>Work roll</i> dan <i>spindle</i> adalah peralatan yang berputar untuk mereduksi ketebalan <i>strip</i> baja. Kegagalan penjajaran antara <i>head spindle hole</i> dengan head <i>work roll</i> menyebabkan <i>work roll</i> tersendat. Pengaturan <i>level adjustment</i> merupakan bentuk mode kegagalan dari <i>falling capacity</i> . <i>Level adjustment</i> yang tidak sesuai menyebabkan <i>shaft</i> mengalami <i>bending loading</i> disetiap

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	9	Sub-System: Stand Mill #1 Driving Reducer	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
					perputarannya, sehingga menyebabkan <i>high cycle fatigue failure</i> . Dampak yang timbul dari kegagalan <i>alignment</i> adalah kerusakan komponen <i>spindle</i> dan <i>work roll</i> yang dapat menyebabkan terhentinya proses produksi.
	D	Gear pada <i>gearbox</i> mengalami kerusakan (<i>worn out</i>) seperti aus. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total failure</i>) pada fungsi primer <i>gearbox</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena <i>roll bending</i> tidak dapat berfungsi secara total saat komponen transmisi mengalami kegagalan.	1	<i>Gear worn out.</i>	<i>Gear</i> mengalami <i>worn-out</i> karena <i>faliing capacity</i> berupa deteriorasi. Dampak yang timbul akibat dari <i>worn-out</i> peralatan <i>crop shear</i> adalah berhentinya unit produksi CTCM (<i>breakdown</i>) untuk penggantian <i>crop shear</i> .
			2	Kegagalan lubrikasi	Kegagalan lubrikasi termasuk dalam kategori mode kegagalan <i>failing capacity</i> . Sistem lubrikasi pada <i>gearbox</i> adalah sistem yang sudah

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	9	Sub-System: Stand Mill #1 Driving Reducer	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
					terinstal secara terpusat. Kegagalan lubrikasi disebabkan oleh malfungsi pada sistem lubrikasi atau <i>lubricant</i> yang sudah tidak sesuai dengan standar. Dampak yang timbul dari kegagalan lubrikasi adalah kerusakan <i>gear</i> yang dapat menyebabkan terhentinya proses produksi.
	E	Work roll pecah karena kecepatan <i>rolling</i> > 1,980 ton/menit.	1	Regulasi PC tidak akurat.	Regulasi PC tidak diakurat disebabkan oleh terjadinya pergeseran parameter sehingga informasi yang diterima oleh <i>mill</i> menjadi kacau. Ketidakakuratan regulasi PC yang terjadi secara terus menerus dapat menyebabkan kebakaran akibat <i>overheating</i>

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	10	Sub-System: Stand Mill #2 Driving Reducer	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
Mereduksi ketebalan dari strip baja. Entry speed pada stand mill #1 adalah 340/870 turns/min dengan output speed sebesar 256.26/645.48 turns/min.	A	Motor drive menghasilkan daya kurang dari 5,700 kw atau tidak menghasilkan daya sama sekali (mati). Sehingga stand mill #2 mati karena kehilangan daya.	1	Listrik mengalami tripped disebabkan oleh beban rolling yang terlalu berat.	Dampak dari listrik motor drive mengalami tripped adalah trafo stand mill mati. Akibatnya proses produksi terhenti. Untuk menjalankan proses produksi kembali dilakukan penanganan pada trafo listrik dan penyesuaian kembali beban rolling di masing-masing stand.
			2	Motor drive terbakar karena overheating. Motor drive overheating disebabkan oleh kondisi overload secara terus-menerus.	Terbakarnya motor drive disebabkan oleh tingginya suhu pada motor drive akibat dari kurangnya lubrikasi. Dampak dari terbakarnya motor drive adalah terhentinya proses produksi untuk menangani pergantian motor drive.
	B	Spindle retak atau pecah. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (total failure) pada fungsi primer spindle. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena roll bending tidak dapat berfungsi	1	Kegagalan lubrikasi	Kegagalan lubrikasi termasuk dalam kategori mode kegagalan failing capacity. Sistem lubrikasi pada gearbox adalah sistem yang sudah terinstal secara terpusat. Kegagalan lubrikasi disebabkan oleh malfungsi pada sistem lubrikasi atau lubricant

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	10	Sub-System: Stand Mill #2 Driving Reducer	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
		secara total saat komponen transmisi mengalami kegagalan.			yang sudah tidak sesuai dengan standar. Dampak yang timbul dari kegagalan lubrikasi adalah kerusakan <i>spindle</i> yang dapat menyebabkan terhentinya proses produksi.
	C	<i>Work roll</i> tersendat. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total failure</i>) pada fungsi primer <i>work roll</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena <i>work roll</i> tidak dapat berfungsi secara total saat komponen transmisi mengalami kegagalan.	1	Kegagalan pemasangan/penjajaran (<i>alignment</i>) antara <i>work roll</i> dengan <i>spindle</i> .	<i>Spindle</i> adalah komponen untuk mentransmisikan daya dari motor menuju <i>work roll</i> . <i>Work roll</i> dan <i>spindle</i> adalah peralatan yang berputar untuk mereduksi ketebalan <i>strip</i> baja. Kegagalan penjajaran antara <i>head spindle hole</i> dengan head <i>work roll</i> menyebabkan <i>work roll</i> tersendat. Pengaturan <i>level adjustment</i> merupakan bentuk mode kegagalan dari <i>falling capacity</i> . <i>Level adjustment</i> yang tidak sesuai menyebabkan <i>shaft</i> mengalami <i>bending loading</i> disetiap perputarannya, sehingga menyebabkan <i>high cycle fatigue failure</i> . Dampak yang timbul dari kegagalan <i>alignment</i> adalah kerusakan komponen <i>spindle</i>

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	10	Sub-System: Stand Mill #2 Driving Reducer	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
					dan <i>work roll</i> yang dapat menyebabkan terhentinya proses produksi.
	D	Gear pada <i>gearbox</i> mengalami kerusakan (<i>worn out</i>) seperti aus. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total failure</i>) pada fungsi primer <i>gearbox</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena <i>roll bending</i> tidak dapat berfungsi secara total saat komponen transmisi mengalami kegagalan.	1	<i>Gear worn out.</i>	<i>Gear</i> mengalami <i>worn-out</i> karena <i>faliing capacity</i> berupa deteriorasi. Dampak yang timbul akibat dari <i>worn- out</i> peralatan <i>crop shear</i> adalah berhentinya unit produksi CTCM (<i>breakdown</i>) untuk penggantian <i>crop shear</i> . Estimasi lama waktu yang dibutuhkan untuk penggantian <i>crop shear</i> adalah sekitar enam puluh menit.
			2	Kegagalan lubrikasi	Kegagalan lubrikasi termasuk dalam kategori mode kegagalan <i>failing capacity</i> . Sistem lubrikasi pada <i>gearbox</i> adalah sistem yang sudah terinstal secara terpusat. Kegagalan lubrikasi disebabkan oleh malfungsi pada sistem lubrikasi atau <i>lubricant</i> yang sudah tidak sesuai dengan

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	10	Sub-System: Stand Mill #2 Driving Reducer	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
					standar. Dampak yang timbul dari kegagalan lubrikasi adalah kerusakan <i>gear</i> yang dapat menyebabkan terhentinya proses produksi.
	E	Work roll pecah karena kecepatan <i>rolling</i> > 1,980 ton/menit.	1	Regulasi PC tidak akurat.	Regulasi PC tidak diakurat disebabkan oleh terjadinya pergeseran parameter sehingga informasi yang diterima oleh <i>mill</i> menjadi kacau. Ketidakakuratan regulasi PC yang terjadi secara terus menerus dapat menyebabkan kebakaran akibat <i>overheating</i>

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	11	Sub-System: Stand Mill #3 Primer Stand	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
Mereduksi ketebalan dari <i>strip</i> baja. <i>Entry speed</i> pada <i>stand mill</i> #3 adalah 340/870 <i>turns/min</i> dengan	A	Motor <i>drive</i> menghasilkan daya kurang dari 5,700 kw atau tidak menghasilkan daya sama sekali	1	Listrik mengalami <i>tripped</i> disebabkan oleh beban <i>rolling</i> yang terlalu berat.	Dampak dari listrik motor <i>drive</i> mengalami <i>tripped</i> adalah trafo <i>stand mill</i> mati. Akibatnya proses produksi terhenti. Untuk menjalankan proses

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	11	Sub-System: Stand Mill #3 Primer Stand	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
output speed sebesar 340/870 turns/min.		(mati). Sehingga stand mill #3 mati karena kehilangan daya.			produksi kembali dilakukan penanganan pada trafo listrik dan penyesuaian kembali beban rolling di masing-masing stand.
			2	Motor drive terbakar karena overheating. Motor drive overheating disebabkan oleh kondisi overload secara terus-menerus.	Terbakarnya motor drive disebabkan oleh tingginya suhu pada motor drive akibat dari kurangnya lubrikasi. Dampak dari terbakarnya motor drive adalah terhentinya proses produksi untuk menangani pergantian motor drive.
			3	Kebocoran pada hose/pipa hydraulic	Penyebab (cause) dan dampak (effect) dari kegagalan sistem hydraulic dianalisis secara terpisah.
	B	Spindle retak atau pecah. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (total failure) pada fungsi primer spindle. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena roll bending tidak dapat berfungsi	1	Kegagalan lubrikasi	Kegagalan lubrikasi termasuk dalam kategori mode kegagalan failing capacity. Sistem lubrikasi pada gearbox adalah sistem yang sudah terinstal secara terpusat. Kegagalan lubrikasi disebabkan oleh malfungsi pada sistem lubrikasi atau lubricant

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	11	Sub-System: Stand Mill #3 Primer Stand	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
		secara total saat komponen transmisi mengalami kegagalan.			yang sudah tidak sesuai dengan standar. Dampak yang timbul dari kegagalan lubrikasi adalah kerusakan <i>spindle</i> yang dapat menyebabkan terhentinya proses produksi.
	C	<i>Work roll</i> tersendat. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total failure</i>) pada fungsi primer <i>work roll</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena <i>work roll</i> tidak dapat berfungsi secara total saat komponen transmisi mengalami kegagalan.	1	Kegagalan pemasangan/penjajaran (<i>alignment</i>) antara <i>work roll</i> dengan <i>spindle</i> .	<i>Spindle</i> adalah komponen untuk mentransmisikan daya dari motor menuju <i>work roll</i> . <i>Work roll</i> dan <i>spindle</i> adalah peralatan yang berputar untuk mereduksi ketebalan <i>strip</i> baja. Kegagalan penjajaran antara <i>head spindle hole</i> dengan head <i>work roll</i> menyebabkan <i>work roll</i> tersendat. Pengaturan <i>level adjustment</i> merupakan bentuk mode kegagalan dari <i>falling capacity</i> . <i>Level adjustment</i> yang tidak sesuai menyebabkan <i>shaft</i> mengalami <i>bending loading</i> disetiap perputarannya, sehingga menyebabkan <i>high cycle fatigue failure</i> . Dampak yang timbul dari

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	11	Sub-System: Stand Mill #3 Primer Stand	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
					kegagalan <i>alignment</i> adalah kerusakan komponen <i>spindle</i> dan <i>work roll</i> yang dapat menyebabkan terhentinya proses produksi.
	D	Gear pada <i>gearbox</i> mengalami kerusakan (<i>worn out</i>) seperti aus. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total failure</i>) pada fungsi primer <i>gearbox</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena <i>roll bending</i> tidak dapat berfungsi secara total saat komponen transmisi mengalami kegagalan.	1	<i>Gear worn out.</i>	<i>Gear</i> mengalami <i>worn-out</i> karena <i>faliing capacity</i> berupa deteriorasi. Dampak yang timbul akibat dari <i>worn-out</i> peralatan <i>crop shear</i> adalah berhentinya unit produksi CTCM (<i>breakdown</i>) untuk penggantian <i>crop shear</i> . Estimasi lama waktu yang dibutuhkan untuk penggantian <i>crop shear</i> adalah sekitar enam puluh menit.
			2	Kegagalan lubrikasi	Kegagalan lubrikasi termasuk dalam kategori mode kegagalan <i>failing capacity</i> . Sistem lubrikasi pada <i>gearbox</i> adalah sistem yang sudah terinstal secara terpusat. Kegagalan lubrikasi disebabkan oleh malfungsi pada sistem lubrikasi atau <i>lubricant</i> yang sudah tidak sesuai dengan

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	11	Sub-System: Stand Mill #3 Primer Stand	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
					standar. Dampak yang timbul dari kegagalan lubrikasi adalah kerusakan <i>gear</i> yang dapat menyebabkan terhentinya proses produksi.
	E	Work roll pecah karena kecepatan <i>rolling</i> > 1,980 ton/menit.	1	Regulasi PC tidak akurat.	sehingga informasi yang diterima oleh <i>mill</i> menjadi kacau. Ketidakakuratan regulasi PC yang terjadi secara terus menerus dapat menyebabkan kebakaran akibat <i>overheating</i>

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	12	Sub-System: Stand Mill #4 Speed Increaser	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
Mereduksi ketebalan dari <i>strip</i> baja. <i>Entry speed</i> pada <i>stand mill</i> #1 adalah 340/870 <i>turns/min</i> dengan	A	Motor <i>drive</i> menghasilkan daya kurang dari 5,700 kw atau tidak menghasilkan daya sama sekali (mati). Sehingga <i>stand mill</i> #4 mati karena kehilangan daya.	1	Listrik mengalami <i>tripped</i> disebabkan oleh beban <i>rolling</i> yang terlalu berat.	Dampak dari listrik motor <i>drive</i> mengalami <i>tripped</i> adalah trafo <i>stand mill</i> mati. Akibatnya proses produksi terhenti. Untuk menjalankan proses produksi kembali dilakukan

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	12	Sub-System: Stand Mill #4 Speed Increaser	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
output speed sebesar 377.74/966.57 turns/min.					penanganan pada trafo listrik dan penyesuaian kembali beban rolling di masing-masing stand.
			2	Motor drive terbakar karena overheating. Motor drive overheating disebabkan oleh kondisi overload secara terus-menerus.	Terbakarnya motor drive disebabkan oleh tingginya suhu pada motor drive akibat dari kurangnya lubrikasi. Dampak dari terbakarnya motor drive adalah terhentinya proses produksi untuk menangani pergantian motor drive.
			3	Kebocoran pada hose/pipa hydraulic	Penyebab (cause) dan dampak (effect) dari keagagalan sistem hydraulic dianalisis secara terpisah.
	B	Spindle retak atau pecah. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (total failure) pada fungsi primer spindle. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena roll bending tidak dapat berfungsi	1	Kegagalan lubrikasi	Kegagalan lubrikasi termasuk dalam kategori mode kegagalan failing capacity. Sistem lubrikasi pada gearbox adalah sistem yang sudah terinstal secara terpusat. Kegagalan lubrikasi disebabkan oleh malfungsi pada sistem lubrikasi atau lubricant yang sudah tidak sesuai dengan

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	12	Sub-System: Stand Mill #4 Speed Increaser	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
		secara total saat komponen transmisi mengalami kegagalan.			standar. Dampak yang timbul dari kegagalan lubrikasi adalah kerusakan <i>spindle</i> yang dapat menyebabkan terhentinya proses produksi.
	C	<i>Work roll</i> tersendat. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total failure</i>) pada fungsi primer <i>work roll</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena <i>work roll</i> tidak dapat berfungsi secara total saat komponen transmisi mengalami kegagalan.	1	Kegagalan pemasangan/penjajaran (<i>alignment</i>) antara <i>work roll</i> dengan <i>spindle</i> .	<i>Spindle</i> adalah komponen untuk mentransmisikan daya dari motor menuju <i>work roll</i> . <i>Work roll</i> dan <i>spindle</i> adalah peralatan yang berputar untuk mereduksi ketebalan <i>strip</i> baja. Kegagalan penjajaran antara <i>head spindle hole</i> dengan head <i>work roll</i> menyebabkan <i>work roll</i> tersendat. Pengaturan <i>level adjustment</i> merupakan bentuk mode kegagalan dari <i>falling capacity</i> . <i>Level adjustment</i> yang tidak sesuai menyebabkan <i>shaft</i> mengalami <i>bending loading</i> disetiap perputarannya, sehingga menyebabkan <i>high cycle fatigue failure</i> . Dampak yang timbul dari kegagalan <i>alignment</i> adalah

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	12	Sub-System: Stand Mill #4 Speed Increaser	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
					kerusakan komponen <i>spindle</i> dan <i>work roll</i> yang dapat menyebabkan terhentinya proses produksi.
	D	Gear pada <i>gearbox</i> mengalami kerusakan (<i>worn out</i>) seperti aus. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total failure</i>) pada fungsi primer <i>gearbox</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena <i>roll bending</i> tidak dapat berfungsi secara total saat komponen transmisi mengalami kegagalan.	1	<i>Gear worn out.</i>	<i>Gear</i> mengalami <i>worn-out</i> karena <i>faliing capacity</i> berupa deteriorasi. Dampak yang timbul akibat dari <i>worn-out</i> peralatan <i>crop shear</i> adalah berhentinya unit produksi CTCM (<i>breakdown</i>) untuk penggantian <i>crop shear</i> .
			2	Kegagalan lubrikasi	Kegagalan lubrikasi termasuk dalam kategori mode kegagalan <i>failing capacity</i> . Sistem lubrikasi pada <i>gearbox</i> adalah sistem yang sudah terinstal secara terpusat. Kegagalan lubrikasi disebabkan oleh malfungsi pada sistem lubrikasi atau <i>lubricant</i> yang sudah tidak sesuai dengan standar. Dampak yang timbul dari kegagalan lubrikasi adalah kerusakan <i>gear</i> yang dapat menyebabkan terhentinya proses produksi.

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	12	Sub-System: Stand Mill #4 Speed Increaser	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
	E	Work roll pecah karena kecepatan rolling > 1,980 ton/menit.	1	Regulasi PC tidak akurat.	Regulasi PC tidak diakurat disebabkan oleh terjadinya pergeseran parameter sehingga informasi yang diterima oleh mill menjadi kacau. Ketidakakuratan regulasi PC yang terjadi secara terus menerus dapat menyebabkan kebakaran akibat <i>overheating</i>

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	13	Sub-System: Stand Mill #5 Speed Increaser	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
Mereduksi ketebalan dari strip baja. Entry speed pada stand mill #1 adalah 340/870 turns/min dengan output speed sebesar 428.06/1,095.33 turns/min.	A	Motor drive menghasilkan daya kurang dari 5,700 kw atau tidak menghasilkan daya sama sekali (mati). Sehingga stand mill #5 mati karena kehilangan daya.	1	Listrik mengalami tripped disebabkan oleh beban rolling yang terlalu berat.	Dampak dari listrik motor drive mengalami tripped adalah trafo stand mill mati. Akibatnya proses produksi terhenti. Untuk menjalankan proses produksi kembali dilakukan penanganan pada trafo listrik dan

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	13	Sub-System: Stand Mill #5 Speed Increaser	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
					penyesuaian kembali beban <i>rolling</i> di masing-masing <i>stand</i> .
			2	Motor <i>drive</i> terbakar karena <i>overheating</i> . Motor drive <i>overheating</i> disebabkan oleh kondisi <i>overload</i> secara terus-menerus.	Terbakarnya <i>motor drive</i> disebabkan oleh tingginya suhu pada <i>motor drive</i> akibat dari kurangnya lubrikasi. Dampak dari terbakarnya <i>motor drive</i> adalah terhentinya proses produksi untuk menangani pergantian motor <i>drive</i> .
			3	Kebocoran pada <i>hose</i> /pipa <i>hydraulic</i>	Penyebab (<i>cause</i>) dan dampak (<i>effect</i>) dari kegagalan sistem <i>hydraulic</i> dianalisis secara terpisah.
	B	<i>Spindle</i> retak atau pecah. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total failure</i>) pada fungsi primer <i>spindle</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena <i>roll bending</i> tidak dapat berfungsi secara total saat komponen transmisi mengalami kegagalan.	1	Kegagalan lubrikasi	Kegagalan lubrikasi termasuk dalam kategori mode kegagalan <i>failing capacity</i> . Sistem lubrikasi pada <i>gearbox</i> adalah sistem yang sudah terinstal secara terpusat. Kegagalan lubrikasi disebabkan oleh malfungsi pada sistem lubrikasi atau <i>lubricant</i> yang sudah tidak sesuai dengan standar. Dampak yang timbul dari

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	13	Sub-System: Stand Mill #5 Speed Increaser	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
					kegagalan lubrikasi adalah kerusakan <i>spindle</i> yang dapat menyebabkan terhentinya proses produksi.
	C	<i>Work roll</i> tersendat. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total failure</i>) pada fungsi primer <i>work roll</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena <i>work roll</i> tidak dapat berfungsi secara total saat komponen transmisi mengalami kegagalan.	1	Kegagalan pemasangan/penjajaran (<i>alignment</i>) antara <i>work roll</i> dengan <i>spindle</i> .	<i>Spindle</i> adalah komponen untuk mentransmisikan daya dari motor menuju <i>work roll</i> . <i>Work roll</i> dan <i>spindle</i> adalah peralatan yang berputar untuk mereduksi ketebalan <i>strip</i> baja. Kegagalan penjajaran antara <i>head spindle hole</i> dengan head <i>work roll</i> menyebabkan <i>work roll</i> tersendat. Pengaturan <i>level adjustment</i> merupakan bentuk mode kegagalan dari <i>falling capacity</i> . <i>Level adjustment</i> yang tidak sesuai menyebabkan <i>shaft</i> mengalami <i>bending loading</i> disetiap perputarannya, sehingga menyebabkan <i>high cycle fatigue failure</i> . Dampak yang timbul dari kegagalan <i>alignment</i> adalah kerusakan komponen <i>spindle</i> dan

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	13	Sub-System: Stand Mill #5 Speed Increaser	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
					work roll yang dapat menyebabkan terhentinya proses produksi.
	D	Gear pada gearbox mengalami kerusakan (worn out) seperti aus. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (total failure) pada fungsi primer gearbox. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena roll bending tidak dapat berfungsi secara total saat komponen transmisi mengalami kegagalan.	1	Gear worn out.	Gear mengalami worn-out karena failing capacity berupa deteriorasi. Dampak yang timbul akibat dari worn-out peralatan crop shear adalah berhentinya unit produksi CTCM (breakdown) untuk penggantian crop shear.
			2	Kegagalan lubrikasi	Kegagalan lubrikasi termasuk dalam kategori mode kegagalan failing capacity. Sistem lubrikasi pada gearbox adalah sistem yang sudah terinstal secara terpusat. Kegagalan lubrikasi disebabkan oleh malfungsi pada sistem lubrikasi atau lubricant yang sudah tidak sesuai dengan standar. Dampak yang timbul dari

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	13	Sub-System: Stand Mill #5 Speed Increaser	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
					kegagalan lubrikasi adalah kerusakan <i>gear</i> yang dapat menyebabkan terhentinya proses produksi.
	E	Work roll pecah karena kecepatan <i>rolling</i> > 1,980 ton/menit.	1	Regulasi PC tidak akurat.	Regulasi PC tidak diakurat disebabkan oleh terjadinya pergeseran parameter sehingga informasi yang diterima oleh <i>mill</i> menjadi kacau. Ketidakakuratan regulasi PC yang terjadi secara terus menerus dapat menyebabkan kebakaran akibat <i>overheating</i>

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	14	Sub-System: Tensiometer Roll	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
Mengukur tegangan dari rentangan <i>strip</i> baja.	A	Tensiometer <i>roll</i> tidak dapat mengukur tegangan dari rentangan <i>strip</i> baja. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total failure</i>) pada fungsi primer	1	Tensiometer <i>roll</i> mengalami keausan	Penyebab tensiometer mengalami keausan karena adanya beban gesekan antara <i>roll surface</i> dengan permukaan strip yang memiliki beban tarik. Laju keausan tensiometer <i>roll</i>

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	14	Sub-System: Tensiometer Roll	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
		tensiometer <i>roll</i> karena tensiometer <i>roll</i> tidak berfungsi sepenuhnya.			dipengaruhi oleh <i>hardness</i> dan <i>roughness roll</i> tensiometer sendiri. Dampak dari mode kegagalan ini adalah terhentinya proses <i>rolling mill</i> dan cacat pada permukaan produk yaitu cacat <i>wavy edge</i> , <i>center buckle</i> dan <i>surface defect</i> .

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	15	Sub-System: Flying Shear	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
Memotong <i>strip</i> baja saat <i>recoiler</i> mencapai berat tonase yang sudah ditentukan saat menggulung <i>strip</i> baja menjadi <i>coil</i>	A	<i>Shear</i> tidak bisa memotong <i>strip</i> baja. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total failure</i>) pada fungsi primer.	1	Kegagalan sistem <i>hydraulic</i> . Sistem <i>hydraulic</i> dianalisis secara terpisah.	Penyebab (<i>cause</i>) dan dampak (<i>effect</i>) dari keagalaman sistem <i>hydraulic</i> dianalisis secara terpisah.
		Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena <i>flying shear</i> tidak berfungsi sepenuhnya.	2	Level <i>adjustment setting gap</i> yang tidak sesuai dengan standar. (<i>clearance</i> tidak sesuai dengan standar <i>adjustment</i>)	Proses memotong <i>strip</i> baja tidak dapat berjalan jika gap antara <i>shear</i> dengan <i>strip</i> baja tidak tepat. Pengaturan <i>level adjustment setting gap</i> merupakan bentuk modus <i>falling</i>

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	15	Sub-System: Flying Shear	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
					capacity yang disebabkan oleh human error.
	B	Proses pemotongan (shearing) strip yang tidak lancar sehingga hasil potongan tidak sesuai dengan standar (badshearing). Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi parsial (partial failure) pada fungsi primer flying shear. Kegagalan ini termasuk pada kegagalan fungsi parsial karena flying shear masih dapat berfungsi namun performansi dalam memotong strip baja diluar standar yang ditentukan.	1	Shear tumpul	Penurunan performansi (worn out) shear dalam memotong merupakan bentuk mode kegagalan deteriorasi. Dampak yang timbul akibat dari worn-out peralatan shear adalah berhentinya unit produksi CTCM (breakdown) untuk penggantian shear.

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	16	Sub-System: Recoiler	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
Menggulung <i>strip</i> baja menjadi <i>coil</i> dengan	A	Mandrel tidak bisa <i>expand/collapse</i> . Kegagalan fungsi	1	Kegagalan dari <i>Detector Proximity</i> (DP) pada sistem	Penyebab dari kegagalan DP adalah karena ada jarak antara

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	16	Sub-System: Recoiler	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
sistem kerja mandrel yang berputar.		ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total failure</i>) pada fungsi primer <i>recoiler</i> . Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena <i>mandrel</i> tidak berfungsi sepenuhnya.		<i>Hydraulic</i> , dimana DP tidak dapat <i>energize</i> .	DP dengan aktuator atau <i>contact control point</i> . Adanya jarak disebabkan oleh pergeseran akibat getaran atau puntiran pada kerja mesin. Oleh karena itu perlu dilakukan <i>adjustment</i> sebelum terjadi kegagalan <i>unenergize</i> . Jika <i>breakdown</i> melebihi satu siklus maka dapat memberhentikan proses produksi unit CTCM.
			2	Kegagalan pengiriman sinyal PC.	Penyebab dari kegagalan <i>coil car</i> tidak bisa naik/turun untuk mengumpan <i>coil</i> karena ada kegagalan pada PC untuk mengirimkan sinyal perintah ke aktuator. Langkah yang dilakukan untuk menyalurkan sinyal kembali kepada aktuator adalah dengan mereset PC.
	B	Mandrel tidak bisa berputar. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total</i>	1	Tekanan pada <i>entry oil circulating</i> yang rendah.	Tekanan pada <i>entry oil circulating</i> yang rendah menyebabkan aliran dari fluida

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:
	16	Sub-System: Recoiler	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
		failure) pada fungsi primer recoiler. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena mandrel tidak berfungsi sepenuhnya.			menjadi lemah. Aliran fluida yang lemah tidak dapat memberikan gaya untuk menggerakkan putaran mandrel. Waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki (melakukan reset) entry oil circulating adalah sepuluh menit.

RCM II INFORMATION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM		FMEA Member: Leddy Claudia		Date:	Sheet No.
	Sub-System: <i>Hydraulic System</i>		Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam		Date:	of

ITEM		FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
1	Pompa <i>hydraulic</i> (pump)	Memenuhi/menyuplai sistem <i>hydraulic</i> dengan fluida kerja pada tekanan tertentu	A	Pompa tidak bisa memompa fluida. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total (<i>total failure</i>) pada fungsi primer. Kegagalan fungsi ini merupakan kegagalan fungsi total karena pompa <i>hydraulic</i> tidak berfungsi sepenuhnya.	1	Motor elektrik mengalami kerusakan.	Motor elektrik berfungsi untuk memberikan daya kepada pompa <i>hydraulic</i> agar pompa dapat menyuplai fluida kerja (menggerakkan pompa). Kerusakan pada motor elektrik disebabkan faktor karena <i>falling capacity</i> berupa deteriorasi atau beban yang berlebihan. Dampak

ITEM		FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
							yang timbul dari mode kerusakan ini adalah peralatan pada unit produksi CTCM tidak dapat beroperasi.
			B	Level fluida kerja dibawah standar (<i>lower</i>).	1	Katup kendali (<i>control valve</i>) mengalami kebocoran	Katup kendali berfungsi untuk mengatur besar tekanan yang digunakan dan mengatur arah aliran dari fluida kerja. Arah aliran dari fluida kerja tersebut mengendalikan gerak aktuator yang dikehendaki oleh <i>user</i> . Kerusakan pada katup kendali disebabkan faktor karena <i>falling capacity</i> . Dampak yang timbul dari mode kerusakan ini adalah peralatan pada unit produksi CTCM tidak dapat beroperasi.
					2	Pipa aliran (<i>hose</i>) mengalami kebocoran	Pipa aliran berfungsi untuk menyalurkan aliran dari fluida kerja dalam sistem <i>hydraulic</i> . Penyebab kebocoran pada pipa aliran karena faktor <i>faling capacity</i> berupa deteriorasi.
					3	Karet <i>O-ring</i> tidak rapat pada bidangnya.	<i>O-ring</i> berfungsi untuk mencegah fluida kerja di dalam silinder supaya tidak berpindah

ITEM		FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
							ke sisi yang lain. Pompa tidak dapat mengalirkan fluida kerja pada saat fluida kerja pada <i>hydraulic cylinder</i> tidak sesuai dengan standar. Ketidaksesuaian fluida kerja tersebut disebabkan oleh <i>o-ring</i> yang tidak rapat, sehingga fluida kerja dapat berpindah dari ruang yang seharusnya. Dampak yang dari mode kerusakan ini adalah silinder tidak dapat menyalurkan gaya <i>stroke</i> kepada torak, sehingga peralatan tidak dapat digerakan.
2	Silinder (<i>Cylinder</i>)	Aktuator mekanik yang menghasilkan gaya <i>stroke</i> yang searah. Gaya <i>stroke</i> tersebut berasal dari fluida hidrolik yang bertekanan. Pada silinder terdapat torak (<i>piston</i>) yang terhubung dengan <i>rod</i> , yang salah satu ujungnya terhubung	A	Slinder tidak dapat menghasilkan gaya mekanik yang searah dari fluida kerja.	1	Kegagalan pemasangan/penjajaran (<i>alignment</i>) antara torak dengan peralatan.	Penyebab dari kegagalan penjajaran adalah karena ada jarak antara torak dengan peralatan. Adanya jarak disebabkan oleh pergeseran akibat getaran atau puntiran pada kerja mesin. Oleh karena itu perlu dilakukan <i>adjustment</i> . Jika <i>breakdown</i> melebihi satu siklus maka dapat memberhentikan proses produksi unit CTCM.

ITEM		FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT
		dengan peralatan yang digerakan.					
					2	Kebocoran <i>work roll bending stand</i> .	Kebocoran pada <i>work roll bending stand</i> disebabkan oleh goresan pada permukaan dari silinder <i>roll bending</i> atau terdapat kerusakan pada pada seal silinder. Kegagalan pada seal silinder disebabkan oleh <i>faliing capacity</i> berupa deteriorasi. Dampak dari mode kegagalan ini adalah terhentinya proses <i>rolling mill</i> .

LAMPIRAN 2: *Reliability Centered Maintenance II Decision Worksheet*

Berikut ini adalah lampiran dari analisis *Reliability Centered Maintenance II Decision Worksheet*.

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
								S1	S2	S3					
								O1	O2	O3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4		
Uncoiler	1	A	1	Y	N	Y	Y	N	N	Y				Melakukan <i>Scheduled Discard Task</i> . Analisis sistem <i>hydraulic</i> dianalisis secara terpisah.	Mechanic (ME)/ Electric (EL)/ Processor (PC)
	1	A	2	Y	N	N	N	Y	N	N				Melakukan <i>Scheduled on Condition Task</i> berupa pemeriksaan <i>signal</i> setiap memulai operasi produksi. Pemeriksaan <i>signal</i> dapat dibantu dengan penggunaan sensor atau <i>device</i> untuk mengetahui kondisi <i>signal</i> .	Processor Computer (PC)
	1	A	3	N	N	N	Y	N	Y	N				Melakukan <i>Scheduled on Restoration Task</i> berupa pengecekan jajaran (<i>alignment</i>) dan mengatur (<i>adjust</i>) ulang antara DP dengan sistem <i>hydraulic</i> secara berkala agar tidak terjadi pembengkokan pada	Mechanic (ME)

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4		
														floor plate karena kegagalan alignment.	
	1	B	1	N	N	N	Y	N	Y	N				Melakukan <i>Scheduled on Restoration Task</i> berupa pengecekan jajaran (<i>alignment</i>) dan mengatur (<i>adjust</i>) ulang antara DP dengan sistem <i>hydraulic</i> secara berkala agar mandrel dapat <i>expand/colapse</i> .	Mechanic (ME)
	1	C	1	Y	N	N	Y	Y	N	N				Melakukan <i>Scheduled on Condition Task</i> berupa pemeriksaan kondisi indikator suhu pada motor. Pemeriksaan suhu pada motor dapat dibantu dengan penggunaan sensor atau <i>device</i> untuk mendeteksi. Hasil deteksi suhu digunakan sebagai kebijakan untuk melakukan <i>cooling down</i> pada motor.	Mechanic (ME)

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4		
<i>Pinch Roll</i>	1	A	1	N	Y	N	Y	N	Y	N				Melakukan <i>scheduled restoration Task</i> berupa pemberian <i>greasing</i> pada <i>roll</i> agar tidak terjadi aus.	Mechanic (ME)/ Electric (EL)
<i>Strip Flattener</i>	1	A	1	Y	N	Y	Y	N	N	Y				Melakukan <i>Scheduled Discard Task</i> . Analisis sistem <i>hydraulic</i> dianalisis secara terpisah.	Mechanic (ME)/ Electric (EL)/ Processor (PC)
	1	A	2	N	Y	N	Y	N	Y	N				Melakukan <i>scheduled restoration Task</i> berupa pemberian <i>greasing</i> pada <i>roll</i> agar tidak terjadi aus.	Mechanic (ME)
	1	A	3	Y	N	N	Y	Y	N	N				Melakukan <i>Scheduled on Condition Task</i> berupa pengecekan jajaran (<i>alignment</i>) dan mengatur (<i>adjust</i>) ulang jarak (<i>gap</i>) antara baja dengan <i>flattener</i> secara berkala untuk menghindari breakdown akibat <i>miss-alignment</i> .	Electric (EL)
<i>Shear Back Pinch Roll</i>	1	A	1	Y	N	N	Y	N	N	N	Y			Melakukan <i>Failure Finding Task</i> berupa pemeriksaan	Mechanic (ME)

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4		
														fungsi <i>SBPR</i> . Pemeriksaan kondisi <i>SBPR</i> dilakukan secara berkala untuk menghindari <i>breakdown</i> akibat <i>strip</i> baja yang lolos akibat tidak terjepit.	
<i>Crop Shear</i>	1	A	1	Y	N	Y	Y	N	N	Y				Melakukan <i>Scheduled Discard Task</i> . Analisis sistem <i>hydraulic</i> dianalisis secara terpisah.	<i>Mechanic (ME)/ Electric (EL)/ Processor (PC)</i>
	1	A	2	N	N	N	Y	N	N	Y				Melakukan <i>Scheduled Discard Task</i> berupa mengganti baut secara berkala sebelum atau saat usia pakai baut habis agar tidak terjadi <i>breakdown</i> akibat baut <i>crop shear</i> yang patah.	<i>Mechanic (ME)</i>
	1	A	3	Y	N	N	Y	Y	N	N				Melakukan <i>Scheduled on Condition Task</i> berupa pengecekan jajaran (<i>alignment</i>) dan mengatur (<i>adjust</i>) ulang <i>clearance</i>	<i>Processor Computer (PC)</i>

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4		
								N1	N2	N3				antara <i>crop shear</i> dengan <i>strip</i> baja secara berkala dengan cara <i>re-encoding</i> agar tidak terjadi <i>breakdown</i> akibat <i>miss-clearance</i> .	
	1	B	1	N	Y	N	Y	N	N	Y				Melakukan <i>Scheduled Discard Task</i> berupa mengganti <i>shear</i> secara berkala sebelum atau saat usia pakai <i>shear</i> habis agar tidak terjadi <i>defect</i> pada strip baja akibat <i>shear</i> yang tidak tajam.	Mechanic (ME)
Welder Unit	1	A	1	Y	N	N	Y	N	N	N	Y			Melakukan <i>Finding Failure Task</i> berupa pengecekan kondisi <i>thyristor</i> . Pemeriksaan kondisi <i>thyristor</i> dilakukan secara berkala untuk menghindari <i>breakdown</i> akibat <i>malfunction</i> pada saluran listrik.	Electric (EL)

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4		
	1	B	1	Y	N	Y	Y	N	N	Y				Melakukan <i>Scheduled Discard Task</i> . Analisis sistem <i>hydraulic</i> dianalisis secara terpisah.	<i>Mechanic (ME)/ Electric (EL)/ Processor (PC)</i>
	2	A	1	N	N	N	Y	N	Y	N				Melakukan <i>scheduled restoration Task</i> berupa pembersihan (<i>cleaning</i>) pada daerah <i>rotary shear</i> secara berkala untuk mengurangi risiko/menghindari dampak <i>defect</i> pada <i>strip</i> baja.	<i>Mechanic (ME)</i>
	2	B	1	Y	N	N	Y	Y	N	N				Melakukan <i>Scheduled on Condition</i> berupa pengecekan jajaran (<i>alignment</i>) dan mengatur (<i>adjust</i>) ulang <i>clearance</i> secara berkala dengan cara <i>re-encoding</i> agar tidak terjadi <i>breakdown</i> akibat <i>miss-clearance</i> .	<i>Processor Computer (PC)</i>
	3	A	1	N	Y	N	Y	N	N	Y				Melakukan <i>Scheduled Discard Task</i> berupa mengganti <i>trimmer</i> secara	<i>Mechanic (ME)</i>

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4		
								N1	N2	N3				berkala sebelum atau saat usia pakai <i>trimmer</i> habis agar tidak terjadi kemacetan akibat proses penyerutan tidak lancar atau <i>defect</i> pada strip baja akibat <i>trimmer</i> yang tidak tajam.	
	3	B	1	Y	N	N	Y	Y	N	N				Melakukan <i>Scheduled on Condition</i> berupa pengecekan jajaran (<i>alignment</i>) dan mengatur (<i>adjust</i>) ulang <i>passline</i> secara berkala dengan cara <i>re-encoding</i> agar tidak terjadi <i>breakdown</i> akibat <i>passline trimmer</i> yang terlalu rendah.	Processor Computer (PC)
Bridle Roll	1	A	1	Y	N	N	Y	N	N	N	Y			Melakukan <i>Finding Failure Task</i> berupa pengecekan potensi kegagalan PC dengan memeriksa dan melakukan <i>reset</i> untuk	Processor Computer (PC)

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3					
								N1	N2	N3	H4	H5	S4		
														menghindari potensi <i>bridle roll 1</i> mengalami <i>tripped</i> .	
	1	A	2	Y	N	N	Y	N	N	N	Y			Melakukan <i>Finding Failure Task</i> berupa pengecekan potensi kegagalan PC dengan memeriksa dan melakukan <i>reset</i> untuk menghindari potensi <i>bridle roll 2</i> mengalami <i>tripped</i> .	Processor Computer (PC)
Looper	1	A	1	Y	N	N	Y	N	Y	N	Y			Melakukan <i>Finding Failure Task</i> berupa pengecekan secara berkala dan <i>Scheduled restoration Task</i> berupa pembersihan (<i>cleaning</i>) pada <i>switch</i> sensor secara berkala untuk mengurangi risiko/menghindari strip baja <i>coble</i> .	Processor Computer (PC)
	1	A	2	N	Y	N	Y	N	N	Y				Melakukan <i>Scheduled Discard Task</i> berupa mengganti <i>safety pin</i> secara	Electric (EL)

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3					
								N1	N2	N3	H4	H5	S4		
														berkala sebelum atau saat usia pakai <i>safety pin</i> habis.	
	1	B	1	Y	N	N	Y	N	Y	N	Y			Melakukan <i>Finding Failure Task</i> berupa pengecekan secara berkala pada servo. <i>Scheduled restoration Task</i> berupa pembersihan (<i>cleaning</i>) pada <i>switch</i> sensor secara berkala agar sensor dapat mendeteksi pergerakan loopercar dan tidak terjadi <i>overstroke/understroke</i>	Processor Computer (PC)
	1	C	1	Y	N	N	Y	N	Y	N	Y			Melakukan <i>Finding Failure Task</i> berupa pengecekan secara berkala fungsi dari servo.	Processor Computer (PC)
	1	D	1	Y	N	N	Y	N	N	N	Y			Melakukan <i>Finding Failure Task</i> berupa pengecekan secara berkala fungsi dari servo yang tersembunyi dan melakukan pergantian servo pada saat atau sebelum usia	Mechanic (ME)

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3					
								N1	N2	N3	H4	H5	S4		
														pakai servo habis untuk menghindari kebocoran ditengah proses produksi.	
Stand #1 Driving reducer	1	A	1	N	N	N	Y	N	N	N	Y			Melakukan <i>Finding Failure Task</i> berupa pengecekan secara berkala fungsi komponen listrik dan melakukan <i>re-encoding</i> parameter-parameter pada saat proses <i>rolling</i> .	Electric (EL)
	1	A	2	Y	N	N	Y	Y	N	N				Melakukan <i>Scheduled on Condition Task</i> berupa pemeriksaan kondisi indikator suhu pada motor. Pemeriksaan suhu pada motor dapat dibantu dengan penggunaan sensor atau <i>device</i> untuk mendeteksi. Hasil deteksi suhu digunakan sebagai kebijakan untuk melakukan <i>cooling down</i> pada motor.	Mechanic (ME)

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4		
	1	A	3	Y	N	Y	Y	N	N	Y				Melakukan <i>Scheduled Discard Task</i> . Analisis sistem <i>hydraulic</i> dianalisis secara terpisah.	Mechanic (ME)/ Electric (EL)/ Processor (PC)
	1	B	1	Y	N	Y	Y	N	N	N	Y			Melakukan <i>Finding Failure Task</i> berupa pengecekan secara berkala fungsi dari sistem pelumasan yang melumasi <i>work roll</i> dan <i>force roll</i> .	Mechanic (ME)/ Electric (EL)/ Processor (PC)
	1	C	1	N	N	N	Y	N	Y	N				Melakukan <i>Scheduled on Restoration Task</i> berupa pengecekan jajaran (<i>alignment</i>) dan mengatur (<i>adjust</i>) ulang antara <i>spindle</i> dan <i>work roll</i> secara berkala agar tidak terjadi <i>failure fatigue</i> akibat kegagalan <i>alignment</i> .	Mechanic (ME)
	1	D	1	N	Y	N	Y	N	N	Y				Melakukan <i>Scheduled Discard Task</i> berupa mengganti <i>gear</i> secara berkala sebelum atau saat	Mechanic (ME)

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3					
								N1	N2	N3	H4	H5	S4		
														usia pakai <i>gear</i> habis agar tidak terjadi kemacetan akibat <i>gear</i> yang aus.	
	1	D	2	Y	N	Y	Y	N	N	N	Y			Melakukan <i>Finding Failure Task</i> berupa pengecekan secara berkala fungsi dari sistem lubrikasi yang melumasi <i>gear</i> pada <i>gearbox</i> .	Mechanic (ME)
	1	E	1	N	Y	N	Y	Y	N	N				Melakukan <i>Scheduled on Condition Task</i> berupa pemeriksaan <i>signal</i> setiap memulai operasi produksi. Pemeriksaan <i>signal</i> dapat dibantu dengan penggunaan sensor atau <i>device</i> untuk mengetahui kondisi <i>signal</i> .	Electric (EL), Processor Computer (PC)
Stand #2 Driving reducer	1	A	1	N	N	N	Y	N	N	N	Y			Melakukan <i>Finding Failure Task</i> berupa pengecekan secara berkala fungsi komponen listrik dan melakukan <i>re-encoding</i>	Electric (EL)

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4		
														parameter-parameter pada saat proses <i>rolling</i> .	
	1	A	2	Y	N	N	Y	Y	N	N				Melakukan <i>Scheduled on Condition Task</i> berupa pemeriksaan kondisi indikator suhu pada motor. Pemeriksaan suhu pada motor dapat dibantu dengan penggunaan sensor atau <i>device</i> untuk mendeteksi. Hasil deteksi suhu digunakan sebagai kebijakan untuk melakukan <i>cooling down</i> pada motor.	Mechanic (ME)
	1	A	3	Y	N	Y	Y	N	N	Y				Melakukan <i>Scheduled Discard Task</i> . Analisis sistem <i>hydraulic</i> dianalisis secara terpisah.	Mechanic (ME)/ Electric (EL)/ Processor (PC)
	1	B	1	Y	N	Y	Y	N	N	N	Y			Melakukan <i>Finding Failure Task</i> berupa pengecekan secara berkala fungsi dari sistem lubrikasi yang	Mechanic (ME)/ Electric (EL)/ Processor (PC)

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4		
														melumasi <i>work roll</i> dan <i>force roll</i> .	
	1	C	1	N	N	N	Y	N	Y	N				Melakukan <i>Scheduled on Restoration Task</i> berupa pengecekan jajaran (<i>alignment</i>) dan mengatur (<i>adjust</i>) ulang antara <i>spindle</i> dan <i>work roll</i> secara berkala agar tidak terjadi <i>failure fatigue</i> akibat kegagalan <i>alignment</i> .	Mechanic (ME)
	1	D	1	N	Y	N	Y	N	N	Y				Melakukan <i>Scheduled Discard Task</i> berupa mengganti <i>gear</i> secara berkala sebelum atau saat usia pakai <i>gear</i> habis agar tidak terjadi kemacetan akibat <i>gear</i> yang aus.	Mechanic (ME)
	1	D	2	Y	N	Y	Y	N	N	N	Y			Melakukan <i>Finding Failure Task</i> berupa pengecekan secara berkala fungsi dari sistem pelumasan yang	Mechanic (ME)

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4		
														melumasi <i>gear</i> pada <i>gearbox</i> .	
	1	E	1	N	Y	N	Y	Y	N	N				Melakukan <i>Scheduled on Condition Task</i> berupa pemeriksaan <i>signal</i> setiap memulai operasi produksi. Pemeriksaan <i>signal</i> dapat dibantu dengan penggunaan sensor atau <i>device</i> untuk mengetahui kondisi <i>signal</i> .	Electric (EL), Processor Computer (PC)
Stand #3 Primer stand	1	A	1	N	N	N	Y	N	N	N	Y			Melakukan <i>Finding Failure Task</i> berupa pengecekan secara berkala fungsi komponen listrik dan melakukan <i>re-encoding</i> parameter-parameter pada saat proses <i>rolling</i> .	Electric (EL)
	1	A	2	Y	N	N	Y	Y	N	N				Melakukan <i>Scheduled on Condition Task</i> berupa pemeriksaan kondisi indikator suhu pada motor. Pemeriksaan suhu pada motor dapat dibantu dengan	Mechanic (ME)

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4		
														penggunaan sensor atau <i>device</i> untuk mendeteksi. Hasil deteksi suhu digunakan sebagai kebijakan untuk melakukan <i>cooling down</i> pada motor.	
	1	A	3	Y	N	Y	Y	N	N	Y				Melakukan <i>Scheduled Discard Task</i> . Analisis sistem <i>hydraulic</i> dianalisis secara terpisah.	Mechanic (ME)/ Electric (EL)/ Processor (PC)
	1	B	1	Y	N	Y	Y	N	N	N	Y			Melakukan <i>Finding Failure Task</i> berupa pengecekan secara berkala fungsi dari sistem pelumasan yang melumasi <i>work roll</i> dan <i>force roll</i> .	Mechanic (ME)/ Electric (EL)/ Processor (PC)
	1	C	1	N	N	N	Y	N	Y	N				Melakukan <i>Scheduled on Restoration Task</i> berupa pengecekan jajaran (<i>alignment</i>) dan mengatur (<i>adjust</i>) ulang antara <i>spindle</i> dan <i>work roll</i> secara berkala agar tidak terjadi <i>failure</i>	Mechanic (ME)

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4		
														<i>fatigue</i> akibat kegagalan <i>alignment</i> .	
	1	D	1	N	Y	N	Y	N	N	Y				Melakukan <i>Scheduled Discard Task</i> berupa mengganti <i>gear</i> secara berkala sebelum atau saat usia pakai <i>gear</i> habis agar tidak terjadi kemacetan akibat <i>gear</i> yang aus.	<i>Mechanic</i> (ME)
	1	D	2	Y	N	Y	Y	N	N	N	Y			Melakukan <i>Finding Failure Task</i> berupa pengecekan secara berkala fungsi dari sistem pelumasan yang melumasi <i>gear</i> pada <i>gearbox</i> .	<i>Mechanic</i> (ME)
	1	E	1	N	Y	N	Y	Y	N	N				Melakukan <i>Scheduled on Condition Task</i> berupa pemeriksaan <i>signal</i> setiap memulai operasi produksi. Pemeriksaan <i>signal</i> dapat dibantu dengan penggunaan sensor atau <i>device</i> untuk mengetahui kondisi <i>signal</i> .	<i>Electric</i> (EL), <i>Processor</i> <i>Computer</i> (PC)

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4		
Stand #4 Speed increaser	1	A	1	N	N	N	Y	N	N	N	Y			Melakukan <i>Finding Failure Task</i> berupa pengecekan secara berkala fungsi komponen listrik dan melakukan <i>re-encoding</i> parameter-parameter pada saat proses <i>rolling</i> .	Electric (EL)
	1	A	2	Y	N	N	Y	Y	N	N				Melakukan <i>Scheduled on Condition Task</i> berupa pemeriksaan kondisi indikator suhu pada motor. Pemeriksaan suhu pada motor dapat dibantu dengan penggunaan sensor atau <i>device</i> untuk mendeteksi. Hasil deteksi suhu digunakan sebagai kebijakan untuk melakukan <i>cooling down</i> pada motor.	Mechanic (ME)
	1	A	3	Y	N	Y	Y	N	N	Y				Melakukan <i>Scheduled Discard Task</i> . Analisis sistem <i>hydraulic</i> dianalisis secara terpisah.	Mechanic (ME)/ Electric (EL)/ Processor (PC)

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4		
	1	B	1	Y	N	Y	Y	N	N	N	Y			Melakukan <i>Finding Failure Task</i> berupa pengecekan secara berkala fungsi dari sistem lubrikasi yang melumasi <i>work roll</i> dan <i>force roll</i> .	Mechanic (ME)/ Electric (EL)/ Processor (PC)
	1	C	1	N	N	N	Y	N	Y	N				Melakukan <i>Scheduled on Restoration Task</i> berupa pengecekan jajaran (<i>alignment</i>) dan mengatur (<i>adjust</i>) ulang antara <i>spindle</i> dan <i>work roll</i> secara berkala agar tidak terjadi <i>failure fatigue</i> akibat kegagalan <i>alignment</i> .	Mechanic (ME)
	1	D	1	N	Y	N	Y	N	N	Y				Melakukan <i>Scheduled Discard Task</i> berupa mengganti <i>gear</i> secara berkala sebelum atau saat usia pakai <i>gear</i> habis agar tidak terjadi kemacetan akibat <i>gear</i> yang aus.	Mechanic (ME)

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4		
	1	D	2	Y	N	Y	Y	N	N	N	Y			Melakukan <i>Finding Failure Task</i> berupa pengecekan secara berkala fungsi dari sistem lubrikasi yang melumasi <i>gear</i> pada <i>gearbox</i> .	Mechanic (ME)
	1	E	1	N	Y	N	Y	Y	N	N				Melakukan <i>Scheduled on Condition Task</i> berupa pemeriksaan <i>signal</i> setiap memulai operasi produksi. Pemeriksaan <i>signal</i> dapat dibantu dengan penggunaan sensor atau <i>device</i> untuk mengetahui kondisi <i>signal</i> .	Electric (EL), Processor Computer (PC)
Stand #5 Speed increaser	1	A	1	N	N	N	Y	N	N	N	Y			Melakukan <i>Finding Failure Task</i> berupa pengecekan secara berkala fungsi komponen listrik dan melakukan <i>re-encoding</i> parameter-parameter pada saat proses <i>rolling</i> .	Electric (EL)
	1	A	2	Y	N	N	Y	Y	N	N				Melakukan <i>Scheduled on Condition Task</i> berupa	Mechanic (ME)

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3					
								N1	N2	N3	H4	H5	S4		
														pemeriksaan kondisi indikator suhu pada motor. Pemeriksaan suhu pada motor dapat dibantu dengan penggunaan sensor atau <i>device</i> untuk mendeteksi. Hasil deteksi suhu digunakan sebagai kebijakan untuk melakukan <i>cooling down</i> pada motor.	
	1	A	3	Y	N	Y	Y	N	N	Y				Melakukan <i>Scheduled Discard Task</i> . Analisis sistem <i>hydraulic</i> dianalisis secara terpisah.	Mechanic (ME)/ Electric (EL)/ Processor (PC)
	1	B	1	Y	N	Y	Y	N	N	N	Y			Melakukan <i>Finding Failure Task</i> berupa pengecekan secara berkala fungsi dari sistem pelumasan yang melumasi <i>work roll</i> dan <i>force roll</i> .	Mechanic (ME)/ Electric (EL)/ Processor (PC)
	1	C	1	N	N	N	Y	N	Y	N				Melakukan <i>Scheduled on Restoration Task</i> berupa pengecekan jalaran	Mechanic (ME)

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3					
								N1	N2	N3	H4	H5	S4		
														(alignment) dan mengatur (adjust) ulang antara spindle dan work roll secara berkala agar tidak terjadi failure fatigue akibat kegagalan alignment.	
	1	D	1	N	Y	N	Y	N	N	Y				Melakukan <i>Scheduled Discard Task</i> berupa mengganti gear secara berkala sebelum atau saat usia pakai gear habis agar tidak terjadi kemacetan akibat gear yang aus.	Mechanic (ME)
	1	D	2	Y	N	Y	Y	N	N	N	Y			Melakukan <i>Finding Failure Task</i> berupa pengecekan secara berkala fungsi dari sistem lubrikasi yang melumasi gear pada gearbox.	Mechanic (ME)
	1	E	1	N	Y	N	Y	Y	N	N				Melakukan <i>Scheduled on Condition Task</i> berupa pemeriksaan signal setiap memulai operasi produksi.	Electric (EL), Processor Computer (PC)

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4		
														Pemeriksaan <i>signal</i> dapat dibantu dengan penggunaan sensor atau <i>device</i> untuk mengetahui kondisi <i>signal</i> .	
Front Shear Pinch	1	A	1	N	Y	N	Y	N	N	Y				Melakukan <i>Scheduled Discard Task</i> berupa mengganti <i>shear pinch</i> secara berkala sebelum atau saat usia pakai habis.	Electric (EL)
Flying Shear	1	A	1	Y	N	Y	Y	N	N	Y				Melakukan <i>Scheduled Discard Task</i> . Analisis sistem <i>hydraulic</i> dianalisis secara terpisah.	Mechanic (ME)/ Electric (EL)/ Processor (PC)
	1	A	2	N	N	N	Y	Y	N	N				Melakukan <i>Scheduled on Condition Task</i> berupa pengecekan jajaran (<i>alignment</i>) dan mengatur (<i>adjust</i>) ulang <i>clearance</i> antara <i>flying shear</i> dengan <i>strip</i> baja secara berkala dengan cara <i>re-encoding</i> agar tidak terjadi <i>breakdown</i> akibat <i>miss-clearance</i> .	Processor Computer (PC)

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4		
	2	A	1	N	N	N	Y	N	N	Y				Melakukan <i>Scheduled Discard Task</i> berupa mengganti <i>flying shear</i> secara berkala sebelum atau saat usia pakai baut habis agar tidak terjadi <i>breakdown</i> atau <i>defect</i> pada strip baja yang diakibatkan oleh <i>flying shear</i> yang tumpul.	Mechanic (ME)
Tensiometer	1	A	1	N	Y	N	Y	N	Y	N				Melakukan <i>Scheduled restoration Task</i> berupa pemberian <i>greasing</i> pada <i>tensiometer</i> agar tidak terjadi aus.	Mechanic (ME)/ Electric (EL)
Recoiler	1	A	1	Y	N	Y	Y	N	N	Y				Melakukan <i>Scheduled Discard Task</i> . Analisis sistem <i>hydraulic</i> dianalisis secara terpisah.	Mechanic (ME)/ Electric (EL)/ Processor (PC)
	1	A	2	Y	N	N	N	Y	N	N				Melakukan <i>Scheduled on Condition Task</i> berupa pemeriksaan <i>signal</i> setiap memulai operasi produksi. Pemeriksaan <i>signal</i> dapat	Processor Computer (PC)

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4		
														dibantu dengan penggunaan sensor atau <i>device</i> untuk mengetahui kondisi signal.	
	1	A	3	N	N	N	Y	N	Y	N				Melakukan <i>Scheduled on Restoration Task</i> berupa pengecekan jajaran (<i>alignment</i>) dan mengatur (<i>adjust</i>) ulang antara DP dengan sistem <i>hydraulic</i> secara berkala agar tidak terjadi pembengkokan pada <i>floor plate</i> karena kegagalan <i>alignment</i> .	Mechanic (ME)
	1	B	1	N	N	N	Y	N	Y	N				Melakukan <i>Scheduled on Restoration Task</i> berupa pengecekan jajaran (<i>alignment</i>) dan mengatur (<i>adjust</i>) ulang antara DP dengan sistem <i>hydraulic</i> secara berkala agar mandrel dapat <i>expand/colapse</i> .	Mechanic (ME)
	1	C	1	Y	N	N	Y	Y	N	N				Melakukan <i>Scheduled on Condition Task</i> berupa	Mechanic (ME)

<i>Item</i>	<i>Information Reference</i>			<i>Consequence Evaluation</i>				H1	H2	H3	<i>Default Action</i>			<i>Proposed Task</i>	<i>Can be done by</i>
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3					
								N1	N2	N3	H4	H5	S4		
														<p>pemeriksaan kondisi indikator suhu pada motor. Pemeriksaan suhu pada motor dapat dibantu dengan penggunaan sensor atau <i>device</i> untuk mendeteksi. Hasil deteksi suhu digunakan sebagai kebijakan untuk melakukan <i>cooling down</i> pada motor.</p>	

RCM II DECISION WORKSHEET	System: Unit Produksi CTCM	FMEA Member: Leddy Claudia	Date:
	Sub-System: <i>Hydraulic System</i>	Coaching: Triyono, Effri, Eddy, Sardjono, Imam	

<i>Item</i>	<i>Information Reference</i>			<i>Consequence Evaluation</i>				H1	H2	H3	<i>Default Action</i>			<i>Proposed Task</i>	<i>Can be done by</i>
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3					
								N1	N2	N3	H4	H5	S4		
Pompa Hydraulic	1	A	1	N	N	N	Y	Y	N	N				Melakukan <i>Scheduled on Condition Task</i> berupa pemeriksaan kondisi indikator suhu dan tegangan pada motor. Pemeriksaan suhu dan tegangan pada motor dapat dibantu dengan penggunaan sensor atau <i>device</i> untuk mendeteksi. Hasil deteksi suhu digunakan sebagai kebijakan untuk melakukan <i>cooling down</i> pada motor.	Mechanic (ME), Electric (EL)
	1	B	1	N	N	N	Y	N	N	Y	Y			Melakukan <i>Finding Failure Task</i> berupa pengecekan <i>valve</i> secara berkala dan melakukan <i>Scheduled Discard Task</i> berupa pergantian <i>valve</i> jika terdapat indikasi kegagalan fungsi <i>valve</i> .	Mechanic (ME)
	1	B	2	N	N	N	Y	N	N	Y	Y			Melakukan <i>Finding Failure Task</i> berupa pengecekan pipa	Mechanic (ME)

Item	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Can be done by
								S1	S2	S3					
	F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4		
								N1	N2	N3					
														secara berkala dan melakukan <i>Scheduled Discard Task</i> berupa pergantian pipa saat sebelum atau saat usia pakai pipa habis agar tidak terjadi <i>breakdown</i> akibat kebocoran pipa	
	1	B	3	N	N	N	Y	N	N	Y	Y			Melakukan <i>Finding Failure Task</i> berupa pengecekan <i>O-ring</i> secara berkala dan melakukan <i>Scheduled Discard Task</i> berupa pergantian <i>O-ring</i> saat sebelum atau saat usia pakai <i>O-ring</i> habis agar tidak terjadi <i>breakdown</i> akibat <i>O-ring</i> yang tidak rapat pada bidang.	Mechanic (ME)
Silinder (<i>cylinder</i>) Hydraulic	1	A	1	N	N	N	Y	N	Y	N				Melakukan <i>Scheduled on Restoration Task</i> berupa pengecekan jajaran (<i>alignment</i>) dan mengatur (<i>adjust</i>) ulang antara sambungan torak dengan peralatan.	Mechanic (ME)

LAMPIRAN 3: Simulasi *Schedule On Restoration*

Berikut ini adalah lampiran dari perhitungan simulasi perhitungan keandalan setelah aktivitas *schedule on restoration* pada komponen sub sistem unit produksi CTCM.

Perhitungan Keandalan *Floor Plate*

TTF	
Distribusi	Lognormal
μ	7,14128
σ	1,14531
MTTF	2433,63

t	$\lambda(t)$	R(t)	n	t-nT	$R(T)^n$	R(t-nT)	Rm(t) PM
0,01	0,00000000	1	0	0,01	1	1	1
100	0,00030416	0,986597423	0	100	1	0,986597423	0,986597423
150	0,00042487	0,968579966	0	150	1	0,968579966	0,968579966
200	0,00050432	0,946206991	0	200	1	0,946206991	0,946206991
250	0,00055624	0,921363998	0	250	1	0,921363998	0,921363998
300	0,00058997	0,895281772	0	300	1	0,895281772	0,895281772
350	0,00061147	0,868754642	0	350	1	0,868754642	0,868754642
400	0,00062460	0,842294745	0	400	1	0,842294745	0,842294745
450	0,00063189	0,816230933	0	450	1	0,816230933	0,816230933
500	0,00063506	0,790771583	1	0,01	0,790771583	1	0,790771583
550	0,00063526	0,766044928	1	100	0,790771583	0,986597423	0,780173205
600	0,00063334	0,742125363	1	150	0,790771583	0,968579966	0,765925513
650	0,00062988	0,719050886	1	200	0,790771583	0,946206991	0,7482336
700	0,00062531	0,696834835	1	250	0,790771583	0,921363998	0,728588467
750	0,00061994	0,67547388	1	300	0,790771583	0,895281772	0,707963384
800	0,00061399	0,654953539	1	350	0,790771583	0,868754642	0,686986483
850	0,00060765	0,635251995	1	400	0,790771583	0,842294745	0,666062749
900	0,00060105	0,616342776	1	450	0,790771583	0,816230933	0,645452226
950	0,00059428	0,598196625	2	0,01	0,625319696	1	0,625319696
1000	0,00058742	0,580782817	2	100	0,625319696	0,986597423	0,6169388
1050	0,00058052	0,564070082	2	150	0,625319696	0,968579966	0,60567213
1100	0,00057363	0,548027241	2	200	0,625319696	0,946206991	0,591681868
1150	0,00056678	0,532623652	2	250	0,625319696	0,921363998	0,576147055

t	$\lambda(t)$	R(t)	n	t-nT	$R(T)^n$	R(t-nT)	Rm(t) PM
1200	0,00056000	0,5178295	2	300	0,625319696	0,895281772	0,559837325
1250	0,00055330	0,503615991	2	350	0,625319696	0,868754642	0,543249389
1300	0,00054670	0,489955473	2	400	0,625319696	0,842294745	0,526703494
1350	0,00054021	0,476821496	2	450	0,625319696	0,816230933	0,510405279
1400	0,00053384	0,46418884	3	0,01	0,494485046	1	0,494485046

Perhitungan Keandalan *Mandrel*

TTF	
Distribusi	Lognormal
μ	6,60365
σ	0,586855
MTTF	876,426

t	$\lambda(t)$	R(t)	n	t-nT	$R(T)^n$	R(t-nT)	Rm(t) PM
0,01	0,00000000	1	0	0,01	1	1	1
100	0,00002062	0,999669672	0	100	1	0,999669672	0,999669672
150	0,00011421	0,99668115	0	150	1	0,99668115	0,99668115
200	0,00029023	0,986935354	0	200	1	0,986935354	0,986935354
250	0,00051335	0,967411964	0	250	1	0,967411964	0,967411964
300	0,00074605	0,937407993	0	300	1	0,937407993	0,937407993
350	0,00096465	0,898082362	0	350	1	0,898082362	0,898082362
400	0,00115826	0,851563609	0	400	1	0,851563609	0,851563609
450	0,00132383	0,800235004	0	450	1	0,800235004	0,800235004
500	0,00146238	0,746311279	1	0,01	0,746311279	1	0,746311279
550	0,00157665	0,691644946	1	100	0,746311279	0,999669672	0,746064751
600	0,00166988	0,637675038	1	150	0,746311279	0,99668115	0,743834384
650	0,00174525	0,585450975	1	200	0,746311279	0,986935354	0,736560986
700	0,00180562	0,535688965	1	250	0,746311279	0,967411964	0,72199046
750	0,00185346	0,48883701	1	300	0,746311279	0,937407993	0,699598158
800	0,00189088	0,445136546	1	350	0,746311279	0,898082362	0,670248996
850	0,00191961	0,404675675	1	400	0,746311279	0,851563609	0,635531526
900	0,00194113	0,36743265	1	450	0,746311279	0,800235004	0,597224409
950	0,00195663	0,33331009	2	0,01	0,556980525	1	0,556980525
1000	0,00196712	0,30216114	2	100	0,556980525	0,999669672	0,556796538
1050	0,00197343	0,273809013	2	150	0,556980525	0,99668115	0,55513199

t	$\lambda(t)$	R(t)	n	t-nT	$R(T)^n$	R(t-nT)	Rm(t) PM
1100	0,00197624	0,248061264	2	200	0,556980525	0,986935354	0,549703771
1150	0,00197614	0,224719974	2	250	0,556980525	0,967411964	0,538829623
1200	0,00197360	0,203588826	2	300	0,556980525	0,937407993	0,522117996
1250	0,00196901	0,18447786	2	350	0,556980525	0,898082362	0,500214385
1300	0,00196273	0,167206496	2	400	0,556980525	0,851563609	0,474304346
1350	0,00195502	0,151605324	2	450	0,556980525	0,800235004	0,445715312
1400	0,00194613	0,137516993	3	0,01	0,415680848	1	0,415680848

Perhitungan Keandalan *Pinch Roll*

TTF	
Distribusi	Lognormal
μ	7,94586
σ	0,437921
MTTF	3108,04

t	$\lambda(t)$	R(t)	n	t-nT	$R(T)^n$	R(t-nT)	Rm(t) PM
0,01	0,00000000	1	0	0,01	1	1	1
250	0,00000000	0,999999985	0	250	1	0,999999985	0,999999985
500	0,00000074	0,999961467	0	500	1	0,999961467	0,999961467
750	0,00001244	0,998766894	0	750	1	0,998766894	0,998766894
1000	0,00005535	0,991118691	0	1000	1	0,991118691	0,991118691
1250	0,00013317	0,96862633	0	1250	1	0,96862633	0,96862633
1500	0,00023108	0,92572094	0	1500	1	0,92572094	0,92572094
1750	0,00033217	0,862723518	0	1750	1	0,862723518	0,862723518
2000	0,00042571	0,784568686	0	2000	1	0,784568686	0,784568686
2250	0,00050701	0,698034833	1	0,01	0,698034833	1	0,698034833
2500	0,00057512	0,609556882	1	250	0,698034833	0,999999985	0,698034822
2750	0,00063088	0,524130011	1	500	0,698034833	0,999961467	0,698007935
3000	0,00067583	0,445053011	1	750	0,698034833	0,998766894	0,697174082
3250	0,00071162	0,374124547	1	1000	0,698034833	0,991118691	0,69183537
3500	0,00073979	0,312004775	1	1250	0,698034833	0,96862633	0,676134918
3750	0,00076170	0,258582347	1	1500	0,698034833	0,92572094	0,646185462
4000	0,00077845	0,213278562	1	1750	0,698034833	0,862723518	0,602211067
4250	0,00079099	0,175272092	1	2000	0,698034833	0,784568686	0,547656272
4500	0,00080008	0,143651558	2	0,01	0,487252628	1	0,487252628

Perhitungan Keandalan *Rotary Shear*

TTF	
Distribusi	Lognormal
μ	2,17853
σ	0,237388
MTTF	9,0857

t	$\lambda(t)$	R(t)	n	t-nT	$R(T)^n$	R(t-nT)	Rm(t) PM
0,01	0,00000000	1	0	0,01	1	1	1
1	0,00000000	1	0	1	1	1	1
2	0,00000000	1	0	2	1	1	1
3	0,00001797	0,999997307	0	3	1	0,999997307	0,999997307
4	0,00160353	0,999577021	0	4	1	0,999577021	0,999577021
5	0,01914781	0,991741977	0	5	1	0,991741977	0,991741977
6	0,07832403	0,94837268	0	6	1	0,94837268	0,94837268
7	0,17758612	0,836435742	1	0,01	0,836435742	1	0,836435742
8	0,29093309	0,661811242	1	1	0,836435742	1	0,836435742
9	0,39723331	0,468615281	1	2	0,836435742	1	0,836435741
10	0,48765710	0,300632002	1	3	0,836435742	0,999997307	0,836433489
11	0,56090483	0,177722585	1	4	0,836435742	0,999577021	0,836081947
12	0,61871923	0,098418507	1	5	0,836435742	0,991741977	0,829528436
13	0,66363988	0,051784021	1	6	0,836435742	0,94837268	0,793252806
14	0,69812186	0,026191225	2	0,01	0,69962475	1	0,69962475
15	0,72426386	0,012853465	2	1	0,69962475	1	0,69962475
16	0,74377293	0,00616633	2	2	0,69962475	1	0,69962475
17	0,75800826	0,002909038	2	3	0,69962475	0,999997307	0,699622866
18	0,76804337	0,001355926	2	4	0,69962475	0,999577021	0,699328823
19	0,77472473	0,000626787	2	5	0,69962475	0,991741977	0,693847232
20	0,77872106	0,000288208	2	6	0,69962475	0,94837268	0,663504999
21	0,78056250	0,000132143	3	0,01	0,585191146	1	0,585191146

Perhitungan Keandalan *Spindle-WR 1*

TTF	
Distribusi	Lognormal
μ	6,65374
σ	1,19729
MTTF	1588,42

t	$\lambda(t)$	R(t)	n	t-nT	$R(T)^n$	R(t-nT)	Rm(t) PM
0,01	0,00000000	1	0	0,01	1	1	1
50	0,00048963	0,988987475	0	50	1	0,988987475	0,988987475
100	0,00080600	0,956459954	0	100	1	0,956459954	0,956459954
150	0,00094672	0,915023237	0	150	1	0,915023237	0,915023237
200	0,00100755	0,871198646	0	200	1	0,871198646	0,871198646
250	0,00102947	0,8278496	0	250	1	0,8278496	0,8278496
300	0,00103119	0,786234317	1	0,01	0,786234317	1	0,786234317
350	0,00102203	0,746870303	1	50	0,786234317	0,988987475	0,777575892
400	0,00100694	0,709918074	1	100	0,786234317	0,956459954	0,752001639
450	0,00098867	0,675362896	1	150	0,786234317	0,915023237	0,71942267
500	0,00096883	0,643105282	1	200	0,786234317	0,871198646	0,684966272
550	0,00094836	0,613007628	1	250	0,786234317	0,8278496	0,650883765
600	0,00092784	0,584918694	2	0,01	0,618164402	1	0,618164402
650	0,00090760	0,558686472	2	50	0,618164402	0,988987475	0,611356851
700	0,00088785	0,534164783	2	100	0,618164402	0,956459954	0,591249495
750	0,00086871	0,511216445	2	150	0,618164402	0,915023237	0,565634792
800	0,00085022	0,489714545	2	200	0,618164402	0,871198646	0,53854399
850	0,00083243	0,469542663	2	250	0,618164402	0,8278496	0,511747153
900	0,00081533	0,450594549	3	0,01	0,486022066	1	0,486022066

Perhitungan Keandalan *Spindle-WR 2*

TTF	
Distribusi	Lognormal
μ	6,44442
σ	0,208767
MTTF	643,042

t	$\lambda(t)$	R(t)	n	t-nT	$R(T)^n$	R(t-nT)	Rm(t) PM
0,01	0,00000000	1	0	0,01	1	1	1
50	0,00000000	1	0	50	1	1	1
100	0,00000000	1	0	100	1	1	1
150	0,00000000	1	0	150	1	1	1
200	0,00000000	0,99999998	0	200	1	0,99999998	0,99999998
250	0,00000044	0,999995088	0	250	1	0,999995088	0,999995088
300	0,00001178	0,999805676	0	300	1	0,999805676	0,999805676
350	0,00010581	0,997517448	0	350	1	0,997517448	0,997517448
400	0,00046084	0,984984065	0	400	1	0,984984065	0,984984065
450	0,00123742	0,945806513	0	450	1	0,945806513	0,945806513
500	0,00241199	0,864509383	0	500	1	0,864509383	0,864509383
550	0,00381369	0,740298896	1	0,01	0,740298896	1	0,740298896
600	0,00526050	0,589974792	1	50	0,740298896	1	0,740298896
650	0,00663035	0,438045374	1	100	0,740298896	1	0,740298896
700	0,00786294	0,304708403	1	150	0,740298896	1	0,740298896
750	0,00893899	0,200066432	1	200	0,740298896	0,99999998	0,740298881
800	0,00986131	0,124963778	1	250	0,740298896	0,999995088	0,740295259
850	0,01064276	0,074803775	1	300	0,740298896	0,999805676	0,740155038
900	0,01129970	0,043199248	1	350	0,740298896	0,997517448	0,738461065
950	0,01184869	0,024208326	1	400	0,740298896	0,984984065	0,729182616
1000	0,01230508	0,01323012	1	450	0,740298896	0,945806513	0,700179517
1050	0,01268245	0,007081631	1	500	0,740298896	0,864509383	0,639995341
1100	0,01299256	0,003726133	3	0,01	0,405715224	1	0,405715224

Perhitungan Keandalan *Spindle-WR 3*

TTF	
Distribusi	Lognormal
μ	7,41584
σ	0,450455
MTTF	1839,59

t	$\lambda(t)$	R(t)	n	t-nT	$R(T)^n$	R(t-nT)	Rm(t) PM
0,01	0,00000000	1	0	0,01	1	1	1
50	0,00000000	1	0	50	1	1	1
100	0,00000000	1	0	100	1	1	1

t	$\lambda(t)$	R(t)	n	t-nT	$R(T)^n$	R(t-nT)	Rm(t) PM
150	0,00000000	0,999999953	0	150	1	0,999999953	0,999999953
200	0,00000007	0,999998705	0	200	1	0,999998705	0,999998705
250	0,00000051	0,999986974	0	250	1	0,999986974	0,999986974
300	0,00000215	0,999927865	0	300	1	0,999927865	0,999927865
350	0,00000640	0,999728422	0	350	1	0,999728422	0,999728422
400	0,00001494	0,999216772	0	400	1	0,999216772	0,999216772
450	0,00002937	0,99813779	0	450	1	0,99813779	0,99813779
500	0,00005079	0,996170089	0	500	1	0,996170089	0,996170089
550	0,00007963	0,99295815	0	550	1	0,99295815	0,99295815
600	0,00011568	0,988150005	0	600	1	0,988150005	0,988150005
650	0,00015818	0,98143197	0	650	1	0,98143197	0,98143197
700	0,00020605	0,972555072	0	700	1	0,972555072	0,972555072
750	0,00025801	0,961351076	0	750	1	0,961351076	0,961351076
800	0,00031280	0,947738463	0	800	1	0,947738463	0,947738463
850	0,00036922	0,931720109	0	850	1	0,931720109	0,931720109
900	0,00042623	0,913374966	0	900	1	0,913374966	0,913374966
950	0,00048295	0,892846046	0	950	1	0,892846046	0,892846046
1000	0,00053866	0,870326671	0	1000	1	0,870326671	0,870326671
1050	0,00059282	0,8460465	0	1050	1	0,8460465	0,8460465
1100	0,00064503	0,820258384	0	1100	1	0,820258384	0,820258384
1150	0,00069500	0,793226695	1	0,01	0,793226695	1	0,793226695
1200	0,00074255	0,765217473	1	50	0,793226695	1	0,793226695
1250	0,00078758	0,736490475	1	100	0,793226695	1	0,793226695
1300	0,00083004	0,707293064	1	150	0,793226695	0,999999953	0,793226658
1350	0,00086995	0,677855789	1	200	0,793226695	0,999998705	0,793225667
1400	0,00090736	0,648389422	1	250	0,793226695	0,999986974	0,793216362
1450	0,00094231	0,619083237	1	300	0,793226695	0,999927865	0,793169475
1500	0,00097492	0,590104283	1	350	0,793226695	0,999728422	0,793011272
1550	0,00100527	0,561597449	1	400	0,793226695	0,999216772	0,792605417
1600	0,00103348	0,533686119	1	450	0,793226695	0,99813779	0,79174954
1650	0,00105965	0,506473264	1	500	0,793226695	0,996170089	0,790188707
1700	0,00108389	0,480042813	1	550	0,793226695	0,99295815	0,787640911
1750	0,00110632	0,454461224	1	600	0,793226695	0,988150005	0,783826962
1800	0,00112705	0,429779123	1	650	0,793226695	0,98143197	0,778498038
1850	0,00114617	0,406032987	1	700	0,793226695	0,972555072	0,771456645
1900	0,00116380	0,383246788	1	750	0,793226695	0,961351076	0,762569336

t	$\lambda(t)$	R(t)	n	t-nT	$R(T)^n$	R(t-nT)	Rm(t) PM
1950	0,00118001	0,36143357	1	800	0,793226695	0,947738463	0,751771449
2000	0,00119491	0,340596943	1	850	0,793226695	0,931720109	0,739065263
2050	0,00120859	0,320732466	1	900	0,793226695	0,913374966	0,724513406
2100	0,00122111	0,301828915	1	950	0,793226695	0,892846046	0,708229318
2150	0,00123256	0,283869429	1	1000	0,793226695	0,870326671	0,690366349
2200	0,00124300	0,266832547	1	1050	0,793226695	0,8460465	0,671106669
2250	0,00125252	0,250693116	1	1100	0,793226695	0,820258384	0,650650847
2300	0,00126115	0,235423107	2	0,01	0,629208589	1	0,629208589
2350	0,00126897	0,220992315	2	50	0,629208589	1	0,629208589
2351	0,00126912	0,220712043	2	100	0,629208589	1	0,629208589
2352	0,00126927	0,220432093	2	150	0,629208589	0,999999953	0,62920856
2353	0,00126942	0,220152467	2	200	0,629208589	0,999998705	0,629207774
2354	0,00126957	0,219873162	2	250	0,629208589	0,999986974	0,629200393
2355	0,00126971	0,21959418	2	300	0,629208589	0,999927865	0,629163201
2356	0,00126986	0,219315519	2	350	0,629208589	0,999728422	0,62903771
2357	0,00127001	0,21903718	2	400	0,629208589	0,999216772	0,628715775
2358	0,00127015	0,218759162	2	450	0,629208589	0,99813779	0,628036871
2359	0,00127030	0,218481464	2	500	0,629208589	0,996170089	0,626798777
2360	0,00127044	0,218204088	2	550	0,629208589	0,99295815	0,624777797
2361	0,00127059	0,217927032	2	600	0,629208589	0,988150005	0,62175247
2362	0,00127074	0,217650296	2	650	0,629208589	0,98143197	0,617525426
2363	0,00127088	0,21737388	2	700	0,629208589	0,972555072	0,611940005
2364	0,00127102	0,217097783	2	750	0,629208589	0,961351076	0,604890354
2365	0,00127117	0,216822006	2	800	0,629208589	0,947738463	0,596325181
2366	0,00127131	0,216546548	2	850	0,629208589	0,931720109	0,586246296
2367	0,00127146	0,216271409	2	900	0,629208589	0,913374966	0,574703374
2368	0,00127160	0,215996589	2	950	0,629208589	0,892846046	0,561786401
2369	0,00127174	0,215722087	2	1000	0,629208589	0,870326671	0,547617017
2370	0,00127189	0,215447903	2	1050	0,629208589	0,8460465	0,532339725
2371	0,00127203	0,215174036	2	1100	0,629208589	0,820258384	0,516113621

Perhitungan Keandalan *Spindle-WR 4*

TTF	
Distribusi	Lognormal
mean	7,62591
std	0,78501
MTTF	2790,66

t	$\lambda(t)$	R(t)	n	t-nT	$R(T)^n$	R(t-nT)	Rm(t) PM
0,01	0,000000000	1	0	0,01	1	1	1
150	0,00001318	0,999568131	0	150	1	0,999568131	0,999568131
300	0,00008515	0,992828153	0	300	1	0,992828153	0,992828153
450	0,00017948	0,973322063	0	450	1	0,973322063	0,973322063
600	0,00026421	0,941274183	0	600	1	0,941274183	0,941274183
750	0,00033132	0,899956622	0	750	1	0,899956622	0,899956622
900	0,00038187	0,852922592	0	900	1	0,852922592	0,852922592
1050	0,00041899	0,803082395	0	1050	1	0,803082395	0,803082395
1200	0,00044580	0,75256428	0	1200	1	0,75256428	0,75256428
1350	0,00046481	0,702824376	1	0,01	0,702824376	1	0,702824376
1500	0,00047795	0,65480492	1	150	0,702824376	0,999568131	0,702520847
1650	0,00048666	0,609076525	1	300	0,702824376	0,992828153	0,697783827
1800	0,00049203	0,565949793	1	450	0,702824376	0,973322063	0,684074471
1950	0,00049487	0,525557847	1	600	0,702824376	0,941274183	0,66155044
2100	0,00049576	0,487915513	1	750	0,702824376	0,899956622	0,632511451
2250	0,00049517	0,452960998	1	900	0,702824376	0,852922592	0,599454788
2400	0,00049346	0,42058487	1	1050	0,702824376	0,803082395	0,564425883
2550	0,00049087	0,390650004	1	1200	0,702824376	0,75256428	0,52892052
2700	0,00048763	0,363005141	2	0,01	0,493962103	1	0,493962103

Perhitungan Keandalan *Spindle-WR 5*

TTF	
Distribusi	Lognormal
mean	7,16
std	0,757132
MTTF	1714,07

t	$\lambda(t)$	R(t)	n	t-nT	$R(T)^n$	R(t-nT)	Rm(t) PM
0,01	0,00000000	1	0	0,01	1	1	1
50	0,00000106	0,99999106	0	50	1	0,99999106	0,99999106
100	0,00001776	0,999630051	0	100	1	0,999630051	0,999630051
150	0,00006261	0,997735996	0	150	1	0,997735996	0,997735996
200	0,00012908	0,993031079	0	200	1	0,993031079	0,993031079
250	0,00020580	0,984773168	0	250	1	0,984773168	0,984773168
300	0,00028401	0,972780925	0	300	1	0,972780925	0,972780925
350	0,00035845	0,957259742	0	350	1	0,957259742	0,957259742
400	0,00042652	0,938629588	0	400	1	0,938629588	0,938629588
450	0,00048724	0,917401953	0	450	1	0,917401953	0,917401953
500	0,00054053	0,894103208	0	500	1	0,894103208	0,894103208
550	0,00058682	0,869231459	0	550	1	0,869231459	0,869231459
600	0,00062672	0,843235131	0	600	1	0,843235131	0,843235131
650	0,00066091	0,816504741	0	650	1	0,816504741	0,816504741
700	0,00069009	0,789372268	1	0,01	0,789372268	1	0,789372268
750	0,00071487	0,762114583	1	50	0,789372268	0,99999106	0,789365211
800	0,00073583	0,734958824	1	100	0,789372268	0,999630051	0,789080241
850	0,00075347	0,708088438	1	150	0,789372268	0,997735996	0,787585126
900	0,00076823	0,681649223	1	200	0,789372268	0,993031079	0,783871195
950	0,00078050	0,655754971	1	250	0,789372268	0,984773168	0,777352629
1000	0,00079060	0,630492559	1	300	0,789372268	0,972780925	0,767886285
1050	0,00079882	0,605926427	1	350	0,789372268	0,957259742	0,755634293
1100	0,00080541	0,582102454	1	400	0,789372268	0,938629588	0,740928166
1150	0,00081058	0,559051274	1	450	0,789372268	0,917401953	0,72417166
1200	0,00081452	0,53679108	1	500	0,789372268	0,894103208	0,705780277
1250	0,00081738	0,515329994	1	550	0,789372268	0,869231459	0,686147208
1300	0,00081930	0,494668045	1	600	0,789372268	0,843235131	0,665626427
1350	0,00082040	0,474798822	1	650	0,789372268	0,816504741	0,644526199
1400	0,00082079	0,455710842	2	0,01	0,623108577	1	0,623108577
1450	0,00082056	0,437388691	2	50	0,623108577	0,99999106	0,623103006
1500	0,00081978	0,419813954	2	100	0,623108577	0,999630051	0,622878059
1550	0,00081852	0,40296599	2	150	0,623108577	0,997735996	0,621697857
1600	0,00081685	0,386822557	2	200	0,623108577	0,993031079	0,618766183
1650	0,00081482	0,37136033	2	250	0,623108577	0,984773168	0,613620608
1700	0,00081247	0,356555319	2	300	0,623108577	0,972780925	0,606148138
1750	0,00080984	0,342383201	2	350	0,623108577	0,957259742	0,596476756

t	$\lambda(t)$	R(t)	n	t-nT	$R(T)^n$	R(t-nT)	Rm(t) PM
1800	0,00080697	0,328819595	2	400	0,623108577	0,938629588	0,584868147
1850	0,00080390	0,315840275	2	450	0,623108577	0,917401953	0,571641026
1900	0,00080064	0,303421342	2	500	0,623108577	0,894103208	0,557123377
1950	0,00079723	0,291539352	2	550	0,623108577	0,869231459	0,541625577
2000	0,00079368	0,280171418	2	600	0,623108577	0,843235131	0,525427042
2050	0,00079002	0,269295289	2	650	0,623108577	0,816504741	0,508771107

Perhitungan Keandalan Tensiometer

TTF	
Distribusi	Weibull 3 Parameter
β	0,732317
η	936,065
γ	-97,5595
MTTF	1039,67

t	$\lambda(t)$	R(t)	n	t-nT	$R(T)^n$	R(t-nT)	Rm(t) PM
0,005	0,001433051	0,826197631	0	0,005	1	0,826197631	0,826197631
50	0,00128282	0,772221401	0	50	1	0,772221401	0,772221401
100	0,001186429	0,726100487	0	100	1	0,726100487	0,726100487
150	0,001116899	0,685527072	0	150	1	0,685527072	0,685527072
200	0,001063231	0,649197422	0	200	1	0,649197422	0,649197422
250	0,001019931	0,616275018	0	250	1	0,616275018	0,616275018
300	0,000983888	0,586177962	1	0,005	0,826197631	0,826197631	0,682602525
350	0,000953177	0,55847845	1	50	0,826197631	0,772221401	0,638007492
400	0,000926535	0,532849033	1	100	0,826197631	0,726100487	0,599902502
450	0,000903087	0,509031273	1	150	0,826197631	0,685527072	0,566380843
500	0,000882208	0,48681623	1	200	0,826197631	0,649197422	0,536365372
550	0,000863435	0,466031671	1	250	0,826197631	0,616275018	0,509164959
600	0,000846414	0,446533339	2	0,005	0,682602525	0,826197631	0,563964589
650	0,000830874	0,42819879	2	50	0,682602525	0,772221401	0,527120278
700	0,000816598	0,410922907	2	100	0,682602525	0,726100487	0,495638026
750	0,000803415	0,394614573	2	150	0,682602525	0,685527072	0,46794251
800	0,000791182	0,379194137	2	200	0,682602525	0,649197422	0,443143799
850	0,000779784	0,364591455	2	250	0,682602525	0,616275018	0,420670883
900	0,000769124	0,350744356	3	0,005	0,563964589	0,826197631	0,465946207

t	$\lambda(t)$	R(t)	n	t-nT	$R(T)^n$	R(t-nT)	Rm(t) PM
950	0,000759121	0,337597414	3	50	0,563964589	0,772221401	0,435505525
1000	0,000749705	0,325100963	3	100	0,563964589	0,726100487	0,409494963

LAMPIRAN 4: Uji Sensitivitas

<i>Coil Car</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	0,13846	0,198	Rp7.800.000	Rp213.838
-0,50%	0,13853	0,198	Rp7.800.000	Rp213.946
-0,45%	0,13860	0,198	Rp7.800.000	Rp214.053
-0,40%	0,13867	0,198	Rp7.800.000	Rp214.161
-0,35%	0,13874	0,198	Rp7.800.000	Rp214.268
-0,30%	0,13881	0,198	Rp7.800.000	Rp214.376
-0,25%	0,13888	0,198	Rp7.800.000	Rp214.483
-0,20%	0,13895	0,198	Rp7.800.000	Rp214.591
-0,15%	0,13902	0,198	Rp7.800.000	Rp214.698
-0,10%	0,13909	0,198	Rp7.800.000	Rp214.806
-0,05%	0,13916	0,198	Rp7.800.000	Rp214.913
1	0,13923	0,198	Rp7.800.000	Rp215.021
0,05%	0,13930	0,198	Rp7.800.000	Rp215.128
0,10%	0,13937	0,198	Rp7.800.000	Rp215.236
0,15%	0,13943	0,198	Rp7.800.000	Rp215.343
0,20%	0,13950	0,198	Rp7.800.000	Rp215.451
0,25%	0,13957	0,198	Rp7.800.000	Rp215.558
0,30%	0,13964	0,198	Rp7.800.000	Rp215.666
0,35%	0,13971	0,198	Rp7.800.000	Rp215.773
0,40%	0,13978	0,198	Rp7.800.000	Rp215.881
0,45%	0,13985	0,198	Rp7.800.000	Rp215.988
0,50%	0,13992	0,198	Rp7.800.000	Rp216.096
0,55%	0,13999	0,198	Rp7.800.000	Rp216.203
0,60%	0,14006	0,198	Rp7.800.000	Rp216.311
0,65%	0,14013	0,198	Rp7.800.000	Rp216.418

<i>Floor Plate</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	56,0898	0,198	Rp7.800.000	Rp86.625.087
-0,50%	56,118	0,198	Rp7.800.000	Rp86.668.639
-0,45%	56,1462	0,198	Rp7.800.000	Rp86.712.191
-0,40%	56,1744	0,198	Rp7.800.000	Rp86.755.743
-0,35%	56,2026	0,198	Rp7.800.000	Rp86.799.295
-0,30%	56,2308	0,198	Rp7.800.000	Rp86.842.848
-0,25%	56,259	0,198	Rp7.800.000	Rp86.886.400
-0,20%	56,2872	0,198	Rp7.800.000	Rp86.929.952

<i>Floor Plate</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,15%	56,3154	0,198	Rp7.800.000	Rp86.973.504
-0,10%	56,3436	0,198	Rp7.800.000	Rp87.017.056
-0,05%	56,3718	0,198	Rp7.800.000	Rp87.060.608
1	56,4	0,198	Rp7.800.000	Rp87.104.160
0,05%	56,4282	0,198	Rp7.800.000	Rp87.147.712
0,10%	56,4564	0,198	Rp7.800.000	Rp87.191.264
0,15%	56,4846	0,198	Rp7.800.000	Rp87.234.816
0,20%	56,5128	0,198	Rp7.800.000	Rp87.278.368
0,25%	56,541	0,198	Rp7.800.000	Rp87.321.920
0,30%	56,5692	0,198	Rp7.800.000	Rp87.365.472
0,35%	56,5974	0,198	Rp7.800.000	Rp87.409.025
0,40%	56,6256	0,198	Rp7.800.000	Rp87.452.577
0,45%	56,6538	0,198	Rp7.800.000	Rp87.496.129
0,50%	56,682	0,198	Rp7.800.000	Rp87.539.681
0,55%	56,7102	0,198	Rp7.800.000	Rp87.583.233
0,60%	56,7384	0,198	Rp7.800.000	Rp87.626.785
0,65%	56,7666	0,198	Rp7.800.000	Rp87.670.337

<i>Mandrel</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	12,29416812	0,198	Rp7.800.000	Rp18.987.113
-0,50%	12,3003492	0,198	Rp7.800.000	Rp18.996.659
-0,45%	12,30653028	0,198	Rp7.800.000	Rp19.006.205
-0,40%	12,31271136	0,198	Rp7.800.000	Rp19.015.751
-0,35%	12,31889244	0,198	Rp7.800.000	Rp19.025.297
-0,30%	12,32507352	0,198	Rp7.800.000	Rp19.034.844
-0,25%	12,3312546	0,198	Rp7.800.000	Rp19.044.390
-0,20%	12,33743568	0,198	Rp7.800.000	Rp19.053.936
-0,15%	12,34361676	0,198	Rp7.800.000	Rp19.063.482
-0,10%	12,34979784	0,198	Rp7.800.000	Rp19.073.028
-0,05%	12,35597892	0,198	Rp7.800.000	Rp19.082.574
1	12,36216	0,198	Rp7.800.000	Rp19.092.120
0,05%	12,36834108	0,198	Rp7.800.000	Rp19.101.666
0,10%	12,37452216	0,198	Rp7.800.000	Rp19.111.212
0,15%	12,38070324	0,198	Rp7.800.000	Rp19.120.758
0,20%	12,38688432	0,198	Rp7.800.000	Rp19.130.304
0,25%	12,3930654	0,198	Rp7.800.000	Rp19.139.850
0,30%	12,39924648	0,198	Rp7.800.000	Rp19.149.396

<i>Mandrel</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
0,35%	12,40542756	0,198	Rp7.800.000	Rp19.158.942
0,40%	12,41160864	0,198	Rp7.800.000	Rp19.168.488
0,45%	12,41778972	0,198	Rp7.800.000	Rp19.178.034
0,50%	12,4239708	0,198	Rp7.800.000	Rp19.187.581
0,55%	12,43015188	0,198	Rp7.800.000	Rp19.197.127
0,60%	12,43633296	0,198	Rp7.800.000	Rp19.206.673
0,65%	12,44251404	0,198	Rp7.800.000	Rp19.216.219

<i>Pinch Roll</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	23,48772309	0,198	Rp7.800.000	Rp36.274.440
-0,50%	23,4995319	0,198	Rp7.800.000	Rp36.292.677
-0,45%	23,51134071	0,198	Rp7.800.000	Rp36.310.915
-0,40%	23,52314952	0,198	Rp7.800.000	Rp36.329.152
-0,35%	23,53495833	0,198	Rp7.800.000	Rp36.347.390
-0,30%	23,54676714	0,198	Rp7.800.000	Rp36.365.627
-0,25%	23,55857595	0,198	Rp7.800.000	Rp36.383.865
-0,20%	23,57038476	0,198	Rp7.800.000	Rp36.402.102
-0,15%	23,58219357	0,198	Rp7.800.000	Rp36.420.340
-0,10%	23,59400238	0,198	Rp7.800.000	Rp36.438.577
-0,05%	23,60581119	0,198	Rp7.800.000	Rp36.456.815
1	23,61762	0,198	Rp7.800.000	Rp36.475.052
0,05%	23,62942881	0,198	Rp7.800.000	Rp36.493.290
0,10%	23,64123762	0,198	Rp7.800.000	Rp36.511.527
0,15%	23,65304643	0,198	Rp7.800.000	Rp36.529.765
0,20%	23,66485524	0,198	Rp7.800.000	Rp36.548.002
0,25%	23,67666405	0,198	Rp7.800.000	Rp36.566.240
0,30%	23,68847286	0,198	Rp7.800.000	Rp36.584.477
0,35%	23,70028167	0,198	Rp7.800.000	Rp36.602.715
0,40%	23,71209048	0,198	Rp7.800.000	Rp36.620.953
0,45%	23,72389929	0,198	Rp7.800.000	Rp36.639.190
0,50%	23,7357081	0,198	Rp7.800.000	Rp36.657.428
0,55%	23,74751691	0,198	Rp7.800.000	Rp36.675.665
0,60%	23,75932572	0,198	Rp7.800.000	Rp36.693.903
0,65%	23,77113453	0,198	Rp7.800.000	Rp36.712.140

<i>Strip Flattenner</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	21,21477345	0,198	Rp7.800.000	Rp32.764.096
-0,50%	21,2254395	0,198	Rp7.800.000	Rp32.780.569
-0,45%	21,23610555	0,198	Rp7.800.000	Rp32.797.041
-0,40%	21,2467716	0,198	Rp7.800.000	Rp32.813.514
-0,35%	21,25743765	0,198	Rp7.800.000	Rp32.829.987
-0,30%	21,2681037	0,198	Rp7.800.000	Rp32.846.459
-0,25%	21,27876975	0,198	Rp7.800.000	Rp32.862.932
-0,20%	21,2894358	0,198	Rp7.800.000	Rp32.879.405
-0,15%	21,30010185	0,198	Rp7.800.000	Rp32.895.877
-0,10%	21,3107679	0,198	Rp7.800.000	Rp32.912.350
-0,05%	21,32143395	0,198	Rp7.800.000	Rp32.928.823
1	21,3321	0,198	Rp7.800.000	Rp32.945.295
0,05%	21,34276605	0,198	Rp7.800.000	Rp32.961.768
0,10%	21,3534321	0,198	Rp7.800.000	Rp32.978.241
0,15%	21,36409815	0,198	Rp7.800.000	Rp32.994.713
0,20%	21,3747642	0,198	Rp7.800.000	Rp33.011.186
0,25%	21,38543025	0,198	Rp7.800.000	Rp33.027.658
0,30%	21,3960963	0,198	Rp7.800.000	Rp33.044.131
0,35%	21,40676235	0,198	Rp7.800.000	Rp33.060.604
0,40%	21,4174284	0,198	Rp7.800.000	Rp33.077.076
0,45%	21,42809445	0,198	Rp7.800.000	Rp33.093.549
0,50%	21,4387605	0,198	Rp7.800.000	Rp33.110.022
0,55%	21,44942655	0,198	Rp7.800.000	Rp33.126.494
0,60%	21,4600926	0,198	Rp7.800.000	Rp33.142.967
0,65%	21,47075865	0,198	Rp7.800.000	Rp33.159.440

<i>SBPR</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	27,59725566	0,198	Rp7.800.000	Rp42.621.202
-0,50%	27,6111306	0,198	Rp7.800.000	Rp42.642.630
-0,45%	27,62500554	0,198	Rp7.800.000	Rp42.664.059
-0,40%	27,63888048	0,198	Rp7.800.000	Rp42.685.487
-0,35%	27,65275542	0,198	Rp7.800.000	Rp42.706.915
-0,30%	27,66663036	0,198	Rp7.800.000	Rp42.728.344
-0,25%	27,6805053	0,198	Rp7.800.000	Rp42.749.772
-0,20%	27,69438024	0,198	Rp7.800.000	Rp42.771.201
-0,15%	27,70825518	0,198	Rp7.800.000	Rp42.792.629
-0,10%	27,72213012	0,198	Rp7.800.000	Rp42.814.058

<i>SBPR</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,05%	27,73600506	0,198	Rp7.800.000	Rp42.835.486
1	27,74988	0,198	Rp7.800.000	Rp42.856.915
0,05%	27,76375494	0,198	Rp7.800.000	Rp42.878.343
0,10%	27,77762988	0,198	Rp7.800.000	Rp42.899.772
0,15%	27,79150482	0,198	Rp7.800.000	Rp42.921.200
0,20%	27,80537976	0,198	Rp7.800.000	Rp42.942.629
0,25%	27,8192547	0,198	Rp7.800.000	Rp42.964.057
0,30%	27,83312964	0,198	Rp7.800.000	Rp42.985.485
0,35%	27,84700458	0,198	Rp7.800.000	Rp43.006.914
0,40%	27,86087952	0,198	Rp7.800.000	Rp43.028.342
0,45%	27,87475446	0,198	Rp7.800.000	Rp43.049.771
0,50%	27,8886294	0,198	Rp7.800.000	Rp43.071.199
0,55%	27,90250434	0,198	Rp7.800.000	Rp43.092.628
0,60%	27,91637928	0,198	Rp7.800.000	Rp43.114.056
0,65%	27,93025422	0,198	Rp7.800.000	Rp43.135.485

<i>Clearance C/S</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	17,40365055	0,198	Rp7.800.000	Rp26.878.198
-0,50%	17,4124005	0,198	Rp7.800.000	Rp26.891.711
-0,45%	17,42115045	0,198	Rp7.800.000	Rp26.905.225
-0,40%	17,4299004	0,198	Rp7.800.000	Rp26.918.738
-0,35%	17,43865035	0,198	Rp7.800.000	Rp26.932.252
-0,30%	17,4474003	0,198	Rp7.800.000	Rp26.945.765
-0,25%	17,45615025	0,198	Rp7.800.000	Rp26.959.278
-0,20%	17,4649002	0,198	Rp7.800.000	Rp26.972.792
-0,15%	17,47365015	0,198	Rp7.800.000	Rp26.986.305
-0,10%	17,4824001	0,198	Rp7.800.000	Rp26.999.819
-0,05%	17,49115005	0,198	Rp7.800.000	Rp27.013.332
1	17,4999	0,198	Rp7.800.000	Rp27.026.846
0,05%	17,50864995	0,198	Rp7.800.000	Rp27.040.359
0,10%	17,5173999	0,198	Rp7.800.000	Rp27.053.872
0,15%	17,52614985	0,198	Rp7.800.000	Rp27.067.386
0,20%	17,5348998	0,198	Rp7.800.000	Rp27.080.899
0,25%	17,54364975	0,198	Rp7.800.000	Rp27.094.413
0,30%	17,5523997	0,198	Rp7.800.000	Rp27.107.926
0,35%	17,56114965	0,198	Rp7.800.000	Rp27.121.440
0,40%	17,5698996	0,198	Rp7.800.000	Rp27.134.953

<i>Clearance C/S</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
0,45%	17,57864955	0,198	Rp7.800.000	Rp27.148.466
0,50%	17,5873995	0,198	Rp7.800.000	Rp27.161.980
0,55%	17,59614945	0,198	Rp7.800.000	Rp27.175.493
0,60%	17,6048994	0,198	Rp7.800.000	Rp27.189.007
0,65%	17,61364935	0,198	Rp7.800.000	Rp27.202.520

<i>Baut C/S</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	24,53099337	0,198	Rp7.800.000	Rp37.885.666
-0,50%	24,5433267	0,198	Rp7.800.000	Rp37.904.714
-0,45%	24,55566003	0,198	Rp7.800.000	Rp37.923.761
-0,40%	24,56799336	0,198	Rp7.800.000	Rp37.942.809
-0,35%	24,58032669	0,198	Rp7.800.000	Rp37.961.857
-0,30%	24,59266002	0,198	Rp7.800.000	Rp37.980.904
-0,25%	24,60499335	0,198	Rp7.800.000	Rp37.999.952
-0,20%	24,61732668	0,198	Rp7.800.000	Rp38.018.999
-0,15%	24,62966001	0,198	Rp7.800.000	Rp38.038.047
-0,10%	24,64199334	0,198	Rp7.800.000	Rp38.057.095
-0,05%	24,65432667	0,198	Rp7.800.000	Rp38.076.142
1	24,66666	0,198	Rp7.800.000	Rp38.095.190
0,05%	24,67899333	0,198	Rp7.800.000	Rp38.114.237
0,10%	24,69132666	0,198	Rp7.800.000	Rp38.133.285
0,15%	24,70365999	0,198	Rp7.800.000	Rp38.152.332
0,20%	24,71599332	0,198	Rp7.800.000	Rp38.171.380
0,25%	24,72832665	0,198	Rp7.800.000	Rp38.190.428
0,30%	24,74065998	0,198	Rp7.800.000	Rp38.209.475
0,35%	24,75299331	0,198	Rp7.800.000	Rp38.228.523
0,40%	24,76532664	0,198	Rp7.800.000	Rp38.247.570
0,45%	24,77765997	0,198	Rp7.800.000	Rp38.266.618
0,50%	24,7899933	0,198	Rp7.800.000	Rp38.285.666
0,55%	24,80232663	0,198	Rp7.800.000	Rp38.304.713
0,60%	24,81465996	0,198	Rp7.800.000	Rp38.323.761
0,65%	24,82699329	0,198	Rp7.800.000	Rp38.342.808

<i>Power</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	31,53643038	0,198	Rp7.800.000	Rp48.704.863
-0,50%	31,5522858	0,198	Rp7.800.000	Rp48.729.350
-0,45%	31,56814122	0,198	Rp7.800.000	Rp48.753.837
-0,40%	31,58399664	0,198	Rp7.800.000	Rp48.778.324
-0,35%	31,59985206	0,198	Rp7.800.000	Rp48.802.812
-0,30%	31,61570748	0,198	Rp7.800.000	Rp48.827.299
-0,25%	31,6315629	0,198	Rp7.800.000	Rp48.851.786
-0,20%	31,64741832	0,198	Rp7.800.000	Rp48.876.273
-0,15%	31,66327374	0,198	Rp7.800.000	Rp48.900.760
-0,10%	31,67912916	0,198	Rp7.800.000	Rp48.925.247
-0,05%	31,69498458	0,198	Rp7.800.000	Rp48.949.734
1	31,71084	0,198	Rp7.800.000	Rp48.974.221
0,05%	31,72669542	0,198	Rp7.800.000	Rp48.998.708
0,10%	31,74255084	0,198	Rp7.800.000	Rp49.023.196
0,15%	31,75840626	0,198	Rp7.800.000	Rp49.047.683
0,20%	31,77426168	0,198	Rp7.800.000	Rp49.072.170
0,25%	31,7901171	0,198	Rp7.800.000	Rp49.096.657
0,30%	31,80597252	0,198	Rp7.800.000	Rp49.121.144
0,35%	31,82182794	0,198	Rp7.800.000	Rp49.145.631
0,40%	31,83768336	0,198	Rp7.800.000	Rp49.170.118
0,45%	31,85353878	0,198	Rp7.800.000	Rp49.194.605
0,50%	31,8693942	0,198	Rp7.800.000	Rp49.219.092
0,55%	31,88524962	0,198	Rp7.800.000	Rp49.243.580
0,60%	31,90110504	0,198	Rp7.800.000	Rp49.268.067
0,65%	31,91696046	0,198	Rp7.800.000	Rp49.292.554

<i>Trimmer</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	18,90924399	0,198	Rp7.800.000	Rp29.203.436
-0,50%	18,9187509	0,198	Rp7.800.000	Rp29.218.119
-0,45%	18,92825781	0,198	Rp7.800.000	Rp29.232.801
-0,40%	18,93776472	0,198	Rp7.800.000	Rp29.247.484
-0,35%	18,94727163	0,198	Rp7.800.000	Rp29.262.166
-0,30%	18,95677854	0,198	Rp7.800.000	Rp29.276.849
-0,25%	18,96628545	0,198	Rp7.800.000	Rp29.291.531
-0,20%	18,97579236	0,198	Rp7.800.000	Rp29.306.214
-0,15%	18,98529927	0,198	Rp7.800.000	Rp29.320.896
-0,10%	18,99480618	0,198	Rp7.800.000	Rp29.335.579

<i>Trimmer</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,05%	19,00431309	0,198	Rp7.800.000	Rp29.350.261
1	19,01382	0,198	Rp7.800.000	Rp29.364.944
0,05%	19,02332691	0,198	Rp7.800.000	Rp29.379.626
0,10%	19,03283382	0,198	Rp7.800.000	Rp29.394.309
0,15%	19,04234073	0,198	Rp7.800.000	Rp29.408.991
0,20%	19,05184764	0,198	Rp7.800.000	Rp29.423.673
0,25%	19,06135455	0,198	Rp7.800.000	Rp29.438.356
0,30%	19,07086146	0,198	Rp7.800.000	Rp29.453.038
0,35%	19,08036837	0,198	Rp7.800.000	Rp29.467.721
0,40%	19,08987528	0,198	Rp7.800.000	Rp29.482.403
0,45%	19,09938219	0,198	Rp7.800.000	Rp29.497.086
0,50%	19,1088891	0,198	Rp7.800.000	Rp29.511.768
0,55%	19,11839601	0,198	Rp7.800.000	Rp29.526.451
0,60%	19,12790292	0,198	Rp7.800.000	Rp29.541.133
0,65%	19,13740983	0,198	Rp7.800.000	Rp29.555.816

<i>Clearance R/S</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	10,44159363	0,198	Rp7.800.000	Rp16.125.997
-0,50%	10,4468433	0,198	Rp7.800.000	Rp16.134.105
-0,45%	10,45209297	0,198	Rp7.800.000	Rp16.142.212
-0,40%	10,45734264	0,198	Rp7.800.000	Rp16.150.320
-0,35%	10,46259231	0,198	Rp7.800.000	Rp16.158.428
-0,30%	10,46784198	0,198	Rp7.800.000	Rp16.166.535
-0,25%	10,47309165	0,198	Rp7.800.000	Rp16.174.643
-0,20%	10,47834132	0,198	Rp7.800.000	Rp16.182.750
-0,15%	10,48359099	0,198	Rp7.800.000	Rp16.190.858
-0,10%	10,48884066	0,198	Rp7.800.000	Rp16.198.966
-0,05%	10,49409033	0,198	Rp7.800.000	Rp16.207.073
1	10,49934	0,198	Rp7.800.000	Rp16.215.181
0,05%	11,49934	0,198	Rp7.800.000	Rp17.759.581
0,10%	10,50983934	0,198	Rp7.800.000	Rp16.231.396
0,15%	10,51508901	0,198	Rp7.800.000	Rp16.239.503
0,20%	10,52033868	0,198	Rp7.800.000	Rp16.247.611
0,25%	10,52558835	0,198	Rp7.800.000	Rp16.255.719
0,30%	10,53083802	0,198	Rp7.800.000	Rp16.263.826
0,35%	10,53608769	0,198	Rp7.800.000	Rp16.271.934
0,40%	10,54133736	0,198	Rp7.800.000	Rp16.280.041

<i>Clearance R/S</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
0,45%	10,54658703	0,198	Rp7.800.000	Rp16.288.149
0,50%	10,5518367	0,198	Rp7.800.000	Rp16.296.257
0,55%	10,55708637	0,198	Rp7.800.000	Rp16.304.364
0,60%	10,56233604	0,198	Rp7.800.000	Rp16.312.472
0,65%	10,56758571	0,198	Rp7.800.000	Rp16.320.579

<i>R/S Kotor</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	34,31001132	0,198	Rp7.800.000	Rp52.988.381
-0,50%	34,3272612	0,198	Rp7.800.000	Rp53.015.022
-0,45%	34,34451108	0,198	Rp7.800.000	Rp53.041.663
-0,40%	34,36176096	0,198	Rp7.800.000	Rp53.068.304
-0,35%	34,37901084	0,198	Rp7.800.000	Rp53.094.944
-0,30%	34,39626072	0,198	Rp7.800.000	Rp53.121.585
-0,25%	34,4135106	0,198	Rp7.800.000	Rp53.148.226
-0,20%	34,43076048	0,198	Rp7.800.000	Rp53.174.866
-0,15%	34,44801036	0,198	Rp7.800.000	Rp53.201.507
-0,10%	34,46526024	0,198	Rp7.800.000	Rp53.228.148
-0,05%	34,48251012	0,198	Rp7.800.000	Rp53.254.789
1	34,49976	0,198	Rp7.800.000	Rp53.281.429
0,05%	34,51700988	0,198	Rp7.800.000	Rp53.308.070
0,10%	34,53425976	0,198	Rp7.800.000	Rp53.334.711
0,15%	34,55150964	0,198	Rp7.800.000	Rp53.361.351
0,20%	34,56875952	0,198	Rp7.800.000	Rp53.387.992
0,25%	34,5860094	0,198	Rp7.800.000	Rp53.414.633
0,30%	34,60325928	0,198	Rp7.800.000	Rp53.441.274
0,35%	34,62050916	0,198	Rp7.800.000	Rp53.467.914
0,40%	34,63775904	0,198	Rp7.800.000	Rp53.494.555
0,45%	34,65500892	0,198	Rp7.800.000	Rp53.521.196
0,50%	34,6722588	0,198	Rp7.800.000	Rp53.547.836
0,55%	34,68950868	0,198	Rp7.800.000	Rp53.574.477
0,60%	34,70675856	0,198	Rp7.800.000	Rp53.601.118
0,65%	34,72400844	0,198	Rp7.800.000	Rp53.627.759

<i>BR 1</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	101,2945986	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.567.027.440
-0,50%	101,345526	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.567.815.287
-0,45%	101,3964534	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.568.603.134
-0,40%	101,4473808	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.569.390.981
-0,35%	101,4983082	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.570.178.828
-0,30%	101,5492356	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.570.966.675
-0,25%	101,600163	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.571.754.522
-0,20%	101,6510904	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.572.542.368
-0,15%	101,7020178	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.573.330.215
-0,10%	101,7529452	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.574.118.062
-0,05%	101,8038726	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.574.905.909
1	101,8548	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.575.693.756
0,05%	101,9057274	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.576.481.603
0,10%	101,9566548	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.577.269.450
0,15%	102,0075822	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.578.057.297
0,20%	102,0585096	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.578.845.144
0,25%	102,109437	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.579.632.990
0,30%	102,1603644	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.580.420.837
0,35%	102,2112918	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.581.208.684
0,40%	102,2622192	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.581.996.531
0,45%	102,3131466	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.582.784.378
0,50%	102,364074	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.583.572.225
0,55%	102,4150014	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.584.360.072
0,60%	102,4659288	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.585.147.919
0,65%	102,5168562	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.585.935.765

<i>Safety Pin</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	125,307	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.938.499.290
-0,50%	125,37	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.939.473.900
-0,45%	125,433	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.940.448.510
-0,40%	125,496	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.941.423.120
-0,35%	125,559	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.942.397.730
-0,30%	125,622	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.943.372.340
-0,25%	125,685	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.944.346.950
-0,20%	125,748	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.945.321.560
-0,15%	125,811	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.946.296.170
-0,10%	125,874	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.947.270.780

<i>Safety Pin</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,05%	125,937	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.948.245.390
1	126	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.949.220.000
0,05%	126,063	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.950.194.610
0,10%	126,126	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.951.169.220
0,15%	126,189	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.952.143.830
0,20%	126,252	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.953.118.440
0,25%	126,315	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.954.093.050
0,30%	126,378	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.955.067.660
0,35%	126,441	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.956.042.270
0,40%	126,504	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.957.016.880
0,45%	126,567	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.957.991.490
0,50%	126,63	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.958.966.100
0,55%	126,693	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.959.940.710
0,60%	126,756	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.960.915.320
0,65%	126,819	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.961.889.930

<i>Servo Tidak Sensitif</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	8,75567745	1,983333333	Rp7.800.000	Rp135.450.330
-0,50%	8,7600795	1,983333333	Rp7.800.000	Rp135.518.430
-0,45%	8,76448155	1,983333333	Rp7.800.000	Rp135.586.530
-0,40%	8,7688836	1,983333333	Rp7.800.000	Rp135.654.629
-0,35%	8,77328565	1,983333333	Rp7.800.000	Rp135.722.729
-0,30%	8,7776877	1,983333333	Rp7.800.000	Rp135.790.829
-0,25%	8,78208975	1,983333333	Rp7.800.000	Rp135.858.928
-0,20%	8,7864918	1,983333333	Rp7.800.000	Rp135.927.028
-0,15%	8,79089385	1,983333333	Rp7.800.000	Rp135.995.128
-0,10%	8,7952959	1,983333333	Rp7.800.000	Rp136.063.228
-0,05%	8,79969795	1,983333333	Rp7.800.000	Rp136.131.327
1	8,8041	1,983333333	Rp7.800.000	Rp136.199.427
0,05%	8,80850205	1,983333333	Rp7.800.000	Rp136.267.527
0,10%	8,8129041	1,983333333	Rp7.800.000	Rp136.335.626
0,15%	8,81730615	1,983333333	Rp7.800.000	Rp136.403.726
0,20%	8,8217082	1,983333333	Rp7.800.000	Rp136.471.826
0,25%	8,82611025	1,983333333	Rp7.800.000	Rp136.539.926
0,30%	8,8305123	1,983333333	Rp7.800.000	Rp136.608.025
0,35%	8,83491435	1,983333333	Rp7.800.000	Rp136.676.125
0,40%	8,8393164	1,983333333	Rp7.800.000	Rp136.744.225

<i>Servo Tidak Sensitif</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
0,45%	8,84371845	1,983333333	Rp7.800.000	Rp136.812.324
0,50%	8,8481205	1,983333333	Rp7.800.000	Rp136.880.424
0,55%	8,85252255	1,983333333	Rp7.800.000	Rp136.948.524
0,60%	8,8569246	1,983333333	Rp7.800.000	Rp137.016.624
0,65%	8,86132665	1,983333333	Rp7.800.000	Rp137.084.723

<i>Servo Tidak Respon</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	31,07810511	1,983333333	Rp7.800.000	Rp480.778.286
-0,50%	31,0937301	1,983333333	Rp7.800.000	Rp481.020.005
-0,45%	31,10935509	1,983333333	Rp7.800.000	Rp481.261.723
-0,40%	31,12498008	1,983333333	Rp7.800.000	Rp481.503.442
-0,35%	31,14060507	1,983333333	Rp7.800.000	Rp481.745.160
-0,30%	31,15623006	1,983333333	Rp7.800.000	Rp481.986.879
-0,25%	31,17185505	1,983333333	Rp7.800.000	Rp482.228.598
-0,20%	31,18748004	1,983333333	Rp7.800.000	Rp482.470.316
-0,15%	31,20310503	1,983333333	Rp7.800.000	Rp482.712.035
-0,10%	31,21873002	1,983333333	Rp7.800.000	Rp482.953.753
-0,05%	31,23435501	1,983333333	Rp7.800.000	Rp483.195.472
1	31,24998	1,983333333	Rp7.800.000	Rp483.437.191
0,05%	31,26560499	1,983333333	Rp7.800.000	Rp483.678.909
0,10%	31,28122998	1,983333333	Rp7.800.000	Rp483.920.628
0,15%	31,29685497	1,983333333	Rp7.800.000	Rp484.162.346
0,20%	31,31247996	1,983333333	Rp7.800.000	Rp484.404.065
0,25%	31,32810495	1,983333333	Rp7.800.000	Rp484.645.784
0,30%	31,34372994	1,983333333	Rp7.800.000	Rp484.887.502
0,35%	31,35935493	1,983333333	Rp7.800.000	Rp485.129.221
0,40%	31,37497992	1,983333333	Rp7.800.000	Rp485.370.939
0,45%	31,39060491	1,983333333	Rp7.800.000	Rp485.612.658
0,50%	31,4062299	1,983333333	Rp7.800.000	Rp485.854.377
0,55%	31,42185489	1,983333333	Rp7.800.000	Rp486.096.095
0,60%	31,43747988	1,983333333	Rp7.800.000	Rp486.337.814
0,65%	31,45310487	1,983333333	Rp7.800.000	Rp486.579.532

<i>Bridle 2</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	13,63853322	1,983333333	Rp7.800.000	Rp210.988.109
-0,50%	13,6453902	1,983333333	Rp7.800.000	Rp211.094.186
-0,45%	13,65224718	1,983333333	Rp7.800.000	Rp211.200.264
-0,40%	13,65910416	1,983333333	Rp7.800.000	Rp211.306.341
-0,35%	13,66596114	1,983333333	Rp7.800.000	Rp211.412.419
-0,30%	13,67281812	1,983333333	Rp7.800.000	Rp211.518.496
-0,25%	13,6796751	1,983333333	Rp7.800.000	Rp211.624.574
-0,20%	13,68653208	1,983333333	Rp7.800.000	Rp211.730.651
-0,15%	13,69338906	1,983333333	Rp7.800.000	Rp211.836.729
-0,10%	13,70024604	1,983333333	Rp7.800.000	Rp211.942.806
-0,05%	13,70710302	1,983333333	Rp7.800.000	Rp212.048.884
1	13,71396	1,983333333	Rp7.800.000	Rp212.154.961
0,05%	13,72081698	1,983333333	Rp7.800.000	Rp212.261.039
0,10%	13,72767396	1,983333333	Rp7.800.000	Rp212.367.116
0,15%	13,73453094	1,983333333	Rp7.800.000	Rp212.473.194
0,20%	13,74138792	1,983333333	Rp7.800.000	Rp212.579.271
0,25%	13,7482449	1,983333333	Rp7.800.000	Rp212.685.349
0,30%	13,75510188	1,983333333	Rp7.800.000	Rp212.791.426
0,35%	13,76195886	1,983333333	Rp7.800.000	Rp212.897.504
0,40%	13,76881584	1,983333333	Rp7.800.000	Rp213.003.581
0,45%	13,77567282	1,983333333	Rp7.800.000	Rp213.109.659
0,50%	13,7825298	1,983333333	Rp7.800.000	Rp213.215.736
0,55%	13,78938678	1,983333333	Rp7.800.000	Rp213.321.813
0,60%	13,79624376	1,983333333	Rp7.800.000	Rp213.427.891
0,65%	13,80310074	1,983333333	Rp7.800.000	Rp213.533.968

<i>Spindle-WR 1</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	9,94501989	1,983333333	Rp7.800.000	Rp153.849.458
-0,50%	9,9500199	1,983333333	Rp7.800.000	Rp153.926.808
-0,45%	9,95501991	1,983333333	Rp7.800.000	Rp154.004.158
-0,40%	9,96001992	1,983333333	Rp7.800.000	Rp154.081.508
-0,35%	9,96501993	1,983333333	Rp7.800.000	Rp154.158.858
-0,30%	9,97001994	1,983333333	Rp7.800.000	Rp154.236.208
-0,25%	9,97501995	1,983333333	Rp7.800.000	Rp154.313.559
-0,20%	9,98001996	1,983333333	Rp7.800.000	Rp154.390.909
-0,15%	9,98501997	1,983333333	Rp7.800.000	Rp154.468.259
-0,10%	9,99001998	1,983333333	Rp7.800.000	Rp154.545.609

<i>Spindle-WR 1</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,05%	9,99501999	1,983333333	Rp7.800.000	Rp154.622.959
1	10,00002	1,983333333	Rp7.800.000	Rp154.700.309
0,05%	10,00502001	1,983333333	Rp7.800.000	Rp154.777.660
0,10%	10,01002002	1,983333333	Rp7.800.000	Rp154.855.010
0,15%	10,01502003	1,983333333	Rp7.800.000	Rp154.932.360
0,20%	10,02002004	1,983333333	Rp7.800.000	Rp155.009.710
0,25%	10,02502005	1,983333333	Rp7.800.000	Rp155.087.060
0,30%	10,03002006	1,983333333	Rp7.800.000	Rp155.164.410
0,35%	10,03502007	1,983333333	Rp7.800.000	Rp155.241.760
0,40%	10,04002008	1,983333333	Rp7.800.000	Rp155.319.111
0,45%	10,04502009	1,983333333	Rp7.800.000	Rp155.396.461
0,50%	10,0500201	1,983333333	Rp7.800.000	Rp155.473.811
0,55%	10,05502011	1,983333333	Rp7.800.000	Rp155.551.161
0,60%	10,06002012	1,983333333	Rp7.800.000	Rp155.628.511
0,65%	10,06502013	1,983333333	Rp7.800.000	Rp155.705.861

<i>Spindle-WR 2</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	9,28202652	1,983333333	Rp7.800.000	Rp143.592.950
-0,50%	9,2866932	1,983333333	Rp7.800.000	Rp143.665.144
-0,45%	9,29135988	1,983333333	Rp7.800.000	Rp143.737.337
-0,40%	9,29602656	1,983333333	Rp7.800.000	Rp143.809.531
-0,35%	9,30069324	1,983333333	Rp7.800.000	Rp143.881.724
-0,30%	9,30535992	1,983333333	Rp7.800.000	Rp143.953.918
-0,25%	9,3100266	1,983333333	Rp7.800.000	Rp144.026.112
-0,20%	9,31469328	1,983333333	Rp7.800.000	Rp144.098.305
-0,15%	9,31935996	1,983333333	Rp7.800.000	Rp144.170.499
-0,10%	9,32402664	1,983333333	Rp7.800.000	Rp144.242.692
-0,05%	9,32869332	1,983333333	Rp7.800.000	Rp144.314.886
1	9,33336	1,983333333	Rp7.800.000	Rp144.387.079
0,05%	9,33802668	1,983333333	Rp7.800.000	Rp144.459.273
0,10%	9,34269336	1,983333333	Rp7.800.000	Rp144.531.466
0,15%	9,34736004	1,983333333	Rp7.800.000	Rp144.603.660
0,20%	9,35202672	1,983333333	Rp7.800.000	Rp144.675.853
0,25%	9,3566934	1,983333333	Rp7.800.000	Rp144.748.047
0,30%	9,36136008	1,983333333	Rp7.800.000	Rp144.820.240
0,35%	9,36602676	1,983333333	Rp7.800.000	Rp144.892.434
0,40%	9,37069344	1,983333333	Rp7.800.000	Rp144.964.628

<i>Spindle-WR 2</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
0,45%	9,37536012	1,983333333	Rp7.800.000	Rp145.036.821
0,50%	9,3800268	1,983333333	Rp7.800.000	Rp145.109.015
0,55%	9,38469348	1,983333333	Rp7.800.000	Rp145.181.208
0,60%	9,38936016	1,983333333	Rp7.800.000	Rp145.253.402
0,65%	9,39402684	1,983333333	Rp7.800.000	Rp145.325.595

<i>Spindle-WR 3</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	12,43123011	1,983333333	Rp7.800.000	Rp192.311.130
-0,50%	12,4374801	1,983333333	Rp7.800.000	Rp192.407.817
-0,45%	12,44373009	1,983333333	Rp7.800.000	Rp192.504.504
-0,40%	12,44998008	1,983333333	Rp7.800.000	Rp192.601.192
-0,35%	12,45623007	1,983333333	Rp7.800.000	Rp192.697.879
-0,30%	12,46248006	1,983333333	Rp7.800.000	Rp192.794.567
-0,25%	12,46873005	1,983333333	Rp7.800.000	Rp192.891.254
-0,20%	12,47498004	1,983333333	Rp7.800.000	Rp192.987.941
-0,15%	12,48123003	1,983333333	Rp7.800.000	Rp193.084.629
-0,10%	12,48748002	1,983333333	Rp7.800.000	Rp193.181.316
-0,05%	12,49373001	1,983333333	Rp7.800.000	Rp193.278.003
1	12,49998	1,983333333	Rp7.800.000	Rp193.374.691
0,05%	12,50622999	1,983333333	Rp7.800.000	Rp193.471.378
0,10%	12,51247998	1,983333333	Rp7.800.000	Rp193.568.065
0,15%	12,51872997	1,983333333	Rp7.800.000	Rp193.664.753
0,20%	12,52497996	1,983333333	Rp7.800.000	Rp193.761.440
0,25%	12,53122995	1,983333333	Rp7.800.000	Rp193.858.127
0,30%	12,53747994	1,983333333	Rp7.800.000	Rp193.954.815
0,35%	12,54372993	1,983333333	Rp7.800.000	Rp194.051.502
0,40%	12,54997992	1,983333333	Rp7.800.000	Rp194.148.189
0,45%	12,55622991	1,983333333	Rp7.800.000	Rp194.244.877
0,50%	12,5624799	1,983333333	Rp7.800.000	Rp194.341.564
0,55%	12,56872989	1,983333333	Rp7.800.000	Rp194.438.251
0,60%	12,57497988	1,983333333	Rp7.800.000	Rp194.534.939
0,65%	12,58122987	1,983333333	Rp7.800.000	Rp194.631.626

<i>Spindle-WR 4</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	12,67957665	1,983333333	Rp7.800.000	Rp196.153.051
-0,50%	12,6859515	1,983333333	Rp7.800.000	Rp196.251.670
-0,45%	12,69232635	1,983333333	Rp7.800.000	Rp196.350.289
-0,40%	12,6987012	1,983333333	Rp7.800.000	Rp196.448.908
-0,35%	12,70507605	1,983333333	Rp7.800.000	Rp196.547.526
-0,30%	12,7114509	1,983333333	Rp7.800.000	Rp196.646.145
-0,25%	12,71782575	1,983333333	Rp7.800.000	Rp196.744.764
-0,20%	12,7242006	1,983333333	Rp7.800.000	Rp196.843.383
-0,15%	12,73057545	1,983333333	Rp7.800.000	Rp196.942.002
-0,10%	12,7369503	1,983333333	Rp7.800.000	Rp197.040.621
-0,05%	12,74332515	1,983333333	Rp7.800.000	Rp197.139.240
1	12,7497	1,983333333	Rp7.800.000	Rp197.237.859
0,05%	12,75607485	1,983333333	Rp7.800.000	Rp197.336.478
0,10%	12,7624497	1,983333333	Rp7.800.000	Rp197.435.097
0,15%	12,76882455	1,983333333	Rp7.800.000	Rp197.533.716
0,20%	12,7751994	1,983333333	Rp7.800.000	Rp197.632.335
0,25%	12,78157425	1,983333333	Rp7.800.000	Rp197.730.954
0,30%	12,7879491	1,983333333	Rp7.800.000	Rp197.829.573
0,35%	12,79432395	1,983333333	Rp7.800.000	Rp197.928.192
0,40%	12,8006988	1,983333333	Rp7.800.000	Rp198.026.810
0,45%	12,80707365	1,983333333	Rp7.800.000	Rp198.125.429
0,50%	12,8134485	1,983333333	Rp7.800.000	Rp198.224.048
0,55%	12,81982335	1,983333333	Rp7.800.000	Rp198.322.667
0,60%	12,8261982	1,983333333	Rp7.800.000	Rp198.421.286
0,65%	12,83257305	1,983333333	Rp7.800.000	Rp198.519.905

<i>Spindle-WR 5</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	13,32628011	1,983333333	Rp7.800.000	Rp206.157.553
-0,50%	13,3329801	1,983333333	Rp7.800.000	Rp206.261.202
-0,45%	13,33968009	1,983333333	Rp7.800.000	Rp206.364.851
-0,40%	13,34638008	1,983333333	Rp7.800.000	Rp206.468.500
-0,35%	13,35308007	1,983333333	Rp7.800.000	Rp206.572.149
-0,30%	13,35978006	1,983333333	Rp7.800.000	Rp206.675.798
-0,25%	13,36648005	1,983333333	Rp7.800.000	Rp206.779.446
-0,20%	13,37318004	1,983333333	Rp7.800.000	Rp206.883.095
-0,15%	13,37988003	1,983333333	Rp7.800.000	Rp206.986.744
-0,10%	13,38658002	1,983333333	Rp7.800.000	Rp207.090.393

<i>Spindle-WR 5</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,05%	13,39328001	1,983333333	Rp7.800.000	Rp207.194.042
1	13,39998	1,983333333	Rp7.800.000	Rp207.297.691
0,05%	13,40667999	1,983333333	Rp7.800.000	Rp207.401.339
0,10%	13,41337998	1,983333333	Rp7.800.000	Rp207.504.988
0,15%	13,42007997	1,983333333	Rp7.800.000	Rp207.608.637
0,20%	13,42677996	1,983333333	Rp7.800.000	Rp207.712.286
0,25%	13,43347995	1,983333333	Rp7.800.000	Rp207.815.935
0,30%	13,44017994	1,983333333	Rp7.800.000	Rp207.919.584
0,35%	13,44687993	1,983333333	Rp7.800.000	Rp208.023.233
0,40%	13,45357992	1,983333333	Rp7.800.000	Rp208.126.881
0,45%	13,46027991	1,983333333	Rp7.800.000	Rp208.230.530
0,50%	13,4669799	1,983333333	Rp7.800.000	Rp208.334.179
0,55%	13,47367989	1,983333333	Rp7.800.000	Rp208.437.828
0,60%	13,48037988	1,983333333	Rp7.800.000	Rp208.541.477
0,65%	13,48707987	1,983333333	Rp7.800.000	Rp208.645.126

<i>Tensiometer</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	102,4336989	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.584.649.322
-0,50%	102,485199	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.585.446.029
-0,45%	102,5366991	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.586.242.735
-0,40%	102,5881992	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.587.039.442
-0,35%	102,6396993	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.587.836.148
-0,30%	102,6911994	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.588.632.855
-0,25%	102,7426995	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.589.429.561
-0,20%	102,7941996	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.590.226.268
-0,15%	102,8456997	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.591.022.974
-0,10%	102,8971998	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.591.819.681
-0,05%	102,9486999	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.592.616.387
1	103,0002	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.593.413.094
0,05%	103,0517001	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.594.209.801
0,10%	103,1032002	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.595.006.507
0,15%	103,1547003	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.595.803.214
0,20%	103,2062004	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.596.599.920
0,25%	103,2577005	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.597.396.627
0,30%	103,3092006	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.598.193.333
0,35%	103,3607007	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.598.990.040
0,40%	103,4122008	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.599.786.746

<i>Tensiometer</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
0,45%	103,4637009	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.600.583.453
0,50%	103,515201	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.601.380.159
0,55%	103,5667011	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.602.176.866
0,60%	103,6182012	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.602.973.573
0,65%	103,6697013	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.603.770.279

<i>Flying Shear</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	11,47501836	1,983333333	Rp7.800.000	Rp177.518.534
-0,50%	11,4807876	1,983333333	Rp7.800.000	Rp177.607.784
-0,45%	11,48655684	1,983333333	Rp7.800.000	Rp177.697.034
-0,40%	11,49232608	1,983333333	Rp7.800.000	Rp177.786.284
-0,35%	11,49809532	1,983333333	Rp7.800.000	Rp177.875.535
-0,30%	11,50386456	1,983333333	Rp7.800.000	Rp177.964.785
-0,25%	11,5096338	1,983333333	Rp7.800.000	Rp178.054.035
-0,20%	11,51540304	1,983333333	Rp7.800.000	Rp178.143.285
-0,15%	11,52117228	1,983333333	Rp7.800.000	Rp178.232.535
-0,10%	11,52694152	1,983333333	Rp7.800.000	Rp178.321.785
-0,05%	11,53271076	1,983333333	Rp7.800.000	Rp178.411.035
1	11,53848	1,983333333	Rp7.800.000	Rp178.500.286
0,05%	11,54424924	1,983333333	Rp7.800.000	Rp178.589.536
0,10%	11,55001848	1,983333333	Rp7.800.000	Rp178.678.786
0,15%	11,55578772	1,983333333	Rp7.800.000	Rp178.768.036
0,20%	11,56155696	1,983333333	Rp7.800.000	Rp178.857.286
0,25%	11,5673262	1,983333333	Rp7.800.000	Rp178.946.536
0,30%	11,57309544	1,983333333	Rp7.800.000	Rp179.035.786
0,35%	11,57886468	1,983333333	Rp7.800.000	Rp179.125.037
0,40%	11,58463392	1,983333333	Rp7.800.000	Rp179.214.287
0,45%	11,59040316	1,983333333	Rp7.800.000	Rp179.303.537
0,50%	11,5961724	1,983333333	Rp7.800.000	Rp179.392.787
0,55%	11,60194164	1,983333333	Rp7.800.000	Rp179.482.037
0,60%	11,60771088	1,983333333	Rp7.800.000	Rp179.571.287
0,65%	11,61348012	1,983333333	Rp7.800.000	Rp179.660.537

<i>Recoiler 1</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	42,9624	1,983333333	Rp7.800.000	Rp664.628.328
-0,50%	42,984	1,983333333	Rp7.800.000	Rp664.962.480
-0,45%	43,0056	1,983333333	Rp7.800.000	Rp665.296.632
-0,40%	43,0272	1,983333333	Rp7.800.000	Rp665.630.784
-0,35%	43,0488	1,983333333	Rp7.800.000	Rp665.964.936
-0,30%	43,0704	1,983333333	Rp7.800.000	Rp666.299.088
-0,25%	43,092	1,983333333	Rp7.800.000	Rp666.633.240
-0,20%	43,1136	1,983333333	Rp7.800.000	Rp666.967.392
-0,15%	43,1352	1,983333333	Rp7.800.000	Rp667.301.544
-0,10%	43,1568	1,983333333	Rp7.800.000	Rp667.635.696
-0,05%	43,1784	1,983333333	Rp7.800.000	Rp667.969.848
1	43,2	1,983333333	Rp7.800.000	Rp668.304.000
0,05%	43,2216	1,983333333	Rp7.800.000	Rp668.638.152
0,10%	43,2432	1,983333333	Rp7.800.000	Rp668.972.304
0,15%	43,2648	1,983333333	Rp7.800.000	Rp669.306.456
0,20%	43,2864	1,983333333	Rp7.800.000	Rp669.640.608
0,25%	43,308	1,983333333	Rp7.800.000	Rp669.974.760
0,30%	43,3296	1,983333333	Rp7.800.000	Rp670.308.912
0,35%	43,3512	1,983333333	Rp7.800.000	Rp670.643.064
0,40%	43,3728	1,983333333	Rp7.800.000	Rp670.977.216
0,45%	43,3944	1,983333333	Rp7.800.000	Rp671.311.368
0,50%	43,416	1,983333333	Rp7.800.000	Rp671.645.520
0,55%	43,4376	1,983333333	Rp7.800.000	Rp671.979.672
0,60%	43,4592	1,983333333	Rp7.800.000	Rp672.313.824
0,65%	43,4808	1,983333333	Rp7.800.000	Rp672.647.976

<i>Recoiler 2</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	48,53265417	1,983333333	Rp7.800.000	Rp750.800.160
-0,50%	48,5570547	1,983333333	Rp7.800.000	Rp751.177.636
-0,45%	48,58145523	1,983333333	Rp7.800.000	Rp751.555.112
-0,40%	48,60585576	1,983333333	Rp7.800.000	Rp751.932.589
-0,35%	48,63025629	1,983333333	Rp7.800.000	Rp752.310.065
-0,30%	48,65465682	1,983333333	Rp7.800.000	Rp752.687.541
-0,25%	48,67905735	1,983333333	Rp7.800.000	Rp753.065.017
-0,20%	48,70345788	1,983333333	Rp7.800.000	Rp753.442.493
-0,15%	48,72785841	1,983333333	Rp7.800.000	Rp753.819.970
-0,10%	48,75225894	1,983333333	Rp7.800.000	Rp754.197.446

<i>Recoiler 2</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,05%	48,77665947	1,983333333	Rp7.800.000	Rp754.574.922
1	48,80106	1,983333333	Rp7.800.000	Rp754.952.398
0,05%	48,82546053	1,983333333	Rp7.800.000	Rp755.329.874
0,10%	48,84986106	1,983333333	Rp7.800.000	Rp755.707.351
0,15%	48,87426159	1,983333333	Rp7.800.000	Rp756.084.827
0,20%	48,89866212	1,983333333	Rp7.800.000	Rp756.462.303
0,25%	48,92306265	1,983333333	Rp7.800.000	Rp756.839.779
0,30%	48,94746318	1,983333333	Rp7.800.000	Rp757.217.255
0,35%	48,97186371	1,983333333	Rp7.800.000	Rp757.594.732
0,40%	48,99626424	1,983333333	Rp7.800.000	Rp757.972.208
0,45%	49,02066477	1,983333333	Rp7.800.000	Rp758.349.684
0,50%	49,0450653	1,983333333	Rp7.800.000	Rp758.727.160
0,55%	49,06946583	1,983333333	Rp7.800.000	Rp759.104.636
0,60%	49,09386636	1,983333333	Rp7.800.000	Rp759.482.113
0,65%	49,11826689	1,983333333	Rp7.800.000	Rp759.859.589

<i>O-ring</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	41,3157069	1,983333333	Rp7.800.000	Rp639.153.986
-0,50%	41,336479	1,983333333	Rp7.800.000	Rp639.475.330
-0,45%	41,3572511	1,983333333	Rp7.800.000	Rp639.796.675
-0,40%	41,3780232	1,983333333	Rp7.800.000	Rp640.118.019
-0,35%	41,3987953	1,983333333	Rp7.800.000	Rp640.439.363
-0,30%	41,4195674	1,983333333	Rp7.800.000	Rp640.760.708
-0,25%	41,4403395	1,983333333	Rp7.800.000	Rp641.082.052
-0,20%	41,4611116	1,983333333	Rp7.800.000	Rp641.403.396
-0,15%	41,4818837	1,983333333	Rp7.800.000	Rp641.724.741
-0,10%	41,5026558	1,983333333	Rp7.800.000	Rp642.046.085
-0,05%	41,5234279	1,983333333	Rp7.800.000	Rp642.367.430
1	41,5442	1,983333333	Rp7.800.000	Rp642.688.774
0,05%	41,5649721	1,983333333	Rp7.800.000	Rp643.010.118
0,10%	41,5857442	1,983333333	Rp7.800.000	Rp643.331.463
0,15%	41,6065163	1,983333333	Rp7.800.000	Rp643.652.807
0,20%	41,6272884	1,983333333	Rp7.800.000	Rp643.974.152
0,25%	41,6480605	1,983333333	Rp7.800.000	Rp644.295.496
0,30%	41,6688326	1,983333333	Rp7.800.000	Rp644.616.840
0,35%	41,6896047	1,983333333	Rp7.800.000	Rp644.938.185
0,40%	41,7103768	1,983333333	Rp7.800.000	Rp645.259.529

<i>O-ring</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
0,45%	41,7311489	1,983333333	Rp7.800.000	Rp645.580.873
0,50%	41,751921	1,983333333	Rp7.800.000	Rp645.902.218
0,55%	41,7726931	1,983333333	Rp7.800.000	Rp646.223.562
0,60%	41,7934652	1,983333333	Rp7.800.000	Rp646.544.907
0,65%	41,8142373	1,983333333	Rp7.800.000	Rp646.866.251

<i>Hydraulic Bending Stand</i>				
	MTTR	Dampak Perbaikan (Ton/menit)	Harga Jual (Rp/ton)	<i>Production Loss</i>
-0,55%	65,2109562	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.008.813.492
-0,50%	65,243742	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.009.320.689
-0,45%	65,2765278	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.009.827.885
-0,40%	65,3093136	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.010.335.081
-0,35%	65,3420994	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.010.842.278
-0,30%	65,3748852	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.011.349.474
-0,25%	65,407671	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.011.856.670
-0,20%	65,4404568	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.012.363.867
-0,15%	65,4732426	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.012.871.063
-0,10%	65,5060284	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.013.378.259
-0,05%	65,5388142	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.013.885.456
1	65,5716	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.014.392.652
0,05%	65,6043858	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.014.899.848
0,10%	65,6371716	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.015.407.045
0,15%	65,6699574	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.015.914.241
0,20%	65,7027432	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.016.421.437
0,25%	65,735529	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.016.928.634
0,30%	65,7683148	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.017.435.830
0,35%	65,8011006	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.017.943.026
0,40%	65,8338864	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.018.450.223
0,45%	65,8666722	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.018.957.419
0,50%	65,899458	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.019.464.615
0,55%	65,9322438	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.019.971.812
0,60%	65,9650296	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.020.479.008
0,65%	65,9978154	1,983333333	Rp7.800.000	Rp1.020.986.204

LAMPIRAN 5: Frekuensi Perawatan Eksisting

Bulan	Jam	<i>Coil Car</i>	<i>Floor Plate</i>	<i>Mandrel</i>	<i>Pinch Roll</i>	<i>Strip Flattener</i>
1	720	2	2	2	2	2

Bulan	Jam	<i>Coil Car</i>	<i>Floor Plate</i>	<i>Mandrel</i>	<i>Pinch Roll</i>	<i>Strip Flattener</i>
2	1440	2	2	2	2	2
3	2160	2	2	2	2	2
4	2880	2	2	2	2	2
5	3600	2	2	2	2	2
6	4320	2	2	2	2	2
7	5040	2	2	2	2	2
8	5760	2	2	2	2	2
9	6480	2	2	2	2	2
10	7200	2	2	2	2	2
11	7920	2	2	2	2	2
12	8640	2	2	2	2	2

Bulan	Jam	SBPR	Clearance C/S	Baut C/S	Power	Trimmer
1	720	2	2	2	2	2
2	1440	2	2	2	2	2
3	2160	2	2	2	2	2
4	2880	2	2	2	2	2
5	3600	2	2	2	2	2
6	4320	2	2	2	2	2
7	5040	2	2	2	2	2
8	5760	2	2	2	2	2
9	6480	2	2	2	2	2
10	7200	2	2	2	2	2
11	7920	2	2	2	2	2
12	8640	2	2	2	2	2

Bulan	Jam	SBPR	Clearance C/S	Baut C/S	Power	Trimmer
1	720	2	2	2	2	2
2	1440	2	2	2	2	2
3	2160	2	2	2	2	2
4	2880	2	2	2	2	2
5	3600	2	2	2	2	2
6	4320	2	2	2	2	2
7	5040	2	2	2	2	2
8	5760	2	2	2	2	2
9	6480	2	2	2	2	2
10	7200	2	2	2	2	2

Bulan	Jam	SBPR	Clearance C/S	Baut C/S	Power	Trimmer
11	7920	2	2	2	2	2
12	8640	2	2	2	2	2

Bulan	Jam	Clearance R/S	R/S Kotor	Bridle Roll 1	Safety Pin	Steering A
1	720	2	2	2	2	2
2	1440	2	2	2	2	2
3	2160	2	2	2	2	2
4	2880	2	2	2	2	2
5	3600	2	2	2	2	2
6	4320	2	2	2	2	2
7	5040	2	2	2	2	2
8	5760	2	2	2	2	2
9	6480	2	2	2	2	2
10	7200	2	2	2	2	2
11	7920	2	2	2	2	2
12	8640	2	2	2	2	2

Bulan	Jam	Steering B	Bridle Roll 2	Spindle-WR 1	Spindle-WR 2	Spindle-WR 3
1	720	2	2	2	2	2
2	1440	2	2	2	2	2
3	2160	2	2	2	2	2
4	2880	2	2	2	2	2
5	3600	2	2	2	2	2
6	4320	2	2	2	2	2
7	5040	2	2	2	2	2
8	5760	2	2	2	2	2
9	6480	2	2	2	2	2
10	7200	2	2	2	2	2
11	7920	2	2	2	2	2
12	8640	2	2	2	2	2

Bulan	Jam	<i>Spindle-WR 4</i>	<i>Spindle-WR 5</i>	<i>Tensiometer</i>	<i>F/S</i>	<i>Recoiler 1</i>
1	720	2	2	2	2	2
2	1440	2	2	2	2	2
3	2160	2	2	2	2	2
4	2880	2	2	2	2	2
5	3600	2	2	2	2	2
6	4320	2	2	2	2	2
7	5040	2	2	2	2	2
8	5760	2	2	2	2	2
9	6480	2	2	2	2	2
10	7200	2	2	2	2	2
11	7920	2	2	2	2	2
12	8640	2	2	2	2	2

Bulan	Jam	<i>Recoiler 2</i>	<i>O-ring</i>	<i>Hydraulic</i>	<i>Jumlah</i>
1	720	2	2	2	56
2	1440	2	2	2	56
3	2160	2	2	2	56
4	2880	2	2	2	56
5	3600	2	2	2	56
6	4320	2	2	2	56
7	5040	2	2	2	56
8	5760	2	2	2	56
9	6480	2	2	2	56
10	7200	2	2	2	56
11	7920	2	2	2	56
12	8640	2	2	2	56

LAMPIRAN 6: Frekuensi Perawatan Usulan

Bulan	Jam	Coil Car	Floor Plate	Mandrel	Pinch Roll	Strip Flattener
1	720	4	1	1		7
2	1440	5	1	1		7
3	2160	4	2	2	1	7
4	2880	5	1	1		7
5	3600	4	2	2		8
6	4320	5	1	1	1	7
7	5040	4	2	2		8
8	5760	5	1	1		6
9	6480	4	1	1	1	7
10	7200	5	2	2		8
11	7920	4	1	1		7
12	8640	5	2	2	1	7

Bulan	Jam	SBPR	Clearance C/S	Baut C/S	Power	Trimmer
1	720	3	7	1	2	36
2	1440	4	7	1	2	37
3	2160	4	7	1	3	37
4	2880	4	7	1	2	37
5	3600	4	8	2	2	37
6	4320	4	7	1	3	37
7	5040	4	8	1	2	37
8	5760	4	6	1	2	37
9	6480	4	7	1	3	37
10	7200	4	8	1	2	37
11	7920	4	7	2	2	37
12	8640	4	7	1	3	37

Bulan	Jam	Clearance R/S	R/S Kotor	Bridle Roll 1	Safety Pin	Steering A
1	720	7	3	9	7	3
2	1440	7	3	10	7	4
3	2160	7	4	10	8	4
4	2880	7	3	10	7	3
5	3600	8	4	9	8	4
6	4320	7	3	10	8	4
7	5040	8	4	10	7	4
8	5760	6	3	10	7	3

Bulan	Jam	Clearance R/S	R/S Kotor	Bridle Roll 1	Safety Pin	Steering A
9	6480	7	3	10	7	4
10	7200	8	4	9	8	4
11	7920	7	3	10	7	4
12	8640	7	4	10	8	3

Bulan	Jam	Steering B	Bridle Roll 2	Spindle-WR 1	Spindle-WR 2	Spindle-WR 3
1	720	4	4	2	1	
2	1440	4	5	2	1	1
3	2160	4	5	3	1	
4	2880	4	5	2	2	
5	3600	4	5	3	1	1
6	4320	4	4	2	1	
7	5040	4	5	2	2	1
8	5760	4	5	3	1	1
9	6480	4	5	2	2	
10	7200	4	5	3	1	1
11	7920	4	5	2	1	
12	8640	4	4	2	1	1

Bulan	Jam	Spindle-WR 4	Spindle-WR 5	Tensiometer	F/S	Recoiler 1
1	720		1	2	14	
2	1440	1	1	2	14	1
3	2160		1	3	15	
4	2880	1	1	2	14	1
5	3600		1	3	15	
6	4320	1	1	2	14	1
7	5040		1	2	14	
8	5760	1	1	3	15	1
9	6480		1	2	14	
10	7200	1	1	3	15	1

Bulan	Jam	<i>Spindle-WR 4</i>	<i>Spindle-WR 5</i>	<i>Tensiometer</i>	<i>F/S</i>	<i>Recoiler 1</i>
11	7920		1	2	14	
12	8640	1	1	2	14	1

Bulan	Jam	<i>Recoiler 2</i>	<i>O-ring</i>	<i>Hydraulic</i>	<i>Jumlah</i>
1	720	1			120
2	1440	1	1		130
3	2160	2		1	136
4	2880	1	1		129
5	3600	1		1	137
6	4320	2	1		132
7	5040	1		1	134
8	5760	2	1		130
9	6480	1		1	129
10	7200	1	1		139
11	7920	2		1	128
12	8640	1	1		134